21139/B

Half-title wanting

HENRY B. H. BEAUFOY, F.R.S.

Digitized by the Internet Archive
in 2017 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/b29331717_0006

# TRAITÉ
# DE CHIMIE

## APPLIQUÉE AUX ARTS,

**PAR M. DUMAS,**

MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE L'INSTITUT ET DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE, DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES, PROFESSEUR A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES, MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES ET DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE STOCKHOLM, CORRESPONDANT DES ACADÉMIES DE BERLIN, DE TURIN, DE SAINT-PÉTERSBOURG, DE MOSCOU, ETC.

TOME SIXIÈME.

A PARIS,

BECHET JEUNE, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, N° 1.

1843

WELLCOME
LIBRARY
INSTITUTE

# TABLE

## DES MATIÈRES

### CONTENUES DANS LE SIXIÈME VOLUME.

## LIVRE IX.

### CHAPITRE PREMIER.


CELLULOSE . . . . . 1
Incrustations ligneuses. . . 17
Blanchiment des toiles. . . . 21
De la fabrication du papier. 35
Proportion de chlorure liquide à 10° employé pour les différentes sortes de chiffons, pour deux pilées soit 200 livres de chiffons brut. 44
Conservation des bois. . . . 53
Acide ulmique. . . . . 63


### CHAPITRE II.


FECULES . . . . . 65
Diastase. . . . . 101
Fabrication de l'amidon. . . 109
Fabrication de la fécule. . . 115
Dextrine. . . . . 130
Inuline.. . . . . 133


### CHAPITRE III.


SUCRES. . . . . 136
Sucre de canne . . . . . 137
Sucre de betteraves. . . . . 145
Fabrication du sucre de canne. . . . . 209
Raffinage du sucre.. . . . . 234
Raffinage en formes . . . . . 251
Devis approximatif d'installation d'une raffinerie, cuisant de 1000 à 1100 pains par jour. . . . . 253
Rendement des sucres bruts de betteraves. . . . . 254
Tableau des densités et proportions de sucre dans des solutions à + 15° cent. . . 264
Proportion de sucre et d'eau dans les cuites. . . . 265
Tableau des points d'ébullition de diverses solutions de sucre . . . . . 266
Distinction des divers sucres. 270
Glucose. . . . . 273
Acide glucique. . . . . id.
Acide sulfoglucique. . . . . 287
Acide mélasique. . . . . 289
Acide caramélique. . . . . 290
Lactose ou sucre de lait.. . . 293


### CHAPITRE IV.


ANNEXES des sucres . . . . . 295
Mannite . . . . . id.
Gommes . . . . . 297
Mucilages . . . . . 300


### CHAPITRE V.


FERMENTATIONS. . . . . 302
Fermentation alcoolique. . . 313
Fermentation saccharine ou glucosique . . . . . 330
Fermentation lactique. . . . 331
Fermentation visqueuse. . . 334
Fermentation acide. . . . . 337
Hydrure d'acétyle (aldéhyde). . . . . 341

Fermentation benzoïque... 351
Fermentation sinapisique.. 360
Fermentation pectique.... 365
Fermentation gallique.... 371
Fermentation des corps gras..... 372
Fermentation digestive.... 375
Fermentation ammoniacale. 380
Fermentation nitreuse ... 383
Fermentation caséeuse et putride..... id.

CHAPITRE VI.

Blés, Farines..... 385
Mouture ..... 401
Vermicelle et pâtes..... 405
Fabrication du pain .... 407
Fabrication de la bière ... 437
Cidre..... 472
Poiré..... 479
Vins ..... 481
De la fabrication de l'eau-de-vie ..... 516
Vinaigre..... 535
Céruse ..... 550

CHAPITRE X.

Corps gras neutres..... 563
Acide stéarique..... 579
Acide margarique ..... 584
Acide oléique ..... 586
Acides pimélique, adipique, azoléique, lipique .... 590
Acide élaïdique ..... 594
Glycérine..... 603
Stéarine..... 606
Margarine..... 608
Oléine ..... 609
Fabrication des huiles grasses extraites du règne végétal..... 610
De l'épuration des huiles de graines..... 623
Huile de graines non siccatives ..... 625
Huiles siccatives..... 628
Huile d'olive..... 631
Huile de ricin..... 641
Huile de croton ..... 648
Huiles solides..... 651
Beurre de coco ..... 661
Laurine..... 662
Beurre de cacao ..... 665
Anamirtine..... id.
Graisses animales ..... 667
Suifs..... 668
Bougie stéarique..... 673
Beurre animal..... 688
Cire ..... 695
Cholestérine..... 700
Ambréine..... 703
Castorine..... 705

CHAPITRE XI.

Savons ..... 706
Savon de Marseille..... 713
Savon de suif ..... 731
Savon de résine ..... 733
Savons mous..... 735
Savon de toilette..... 740
Essais et analyses des savons. 745

FIN DE LA TABLE.

# TRAITÉ

DE

# CHIMIE

## APPLIQUÉE AUX ARTS.

---

## LIVRE IX.

### CHAPITRE PREMIER.

#### MATIÈRES LIGNEUSES ET LEURS APPLICATIONS.

On a réuni dans ce chapitre, à l'histoire du ligneux proprement dit, celle des autres principes des bois, celle des tissus végétaux, et enfin celle du papier. Toutes les industries qui s'exercent sur le ligneux lui-même, se trouvent donc associées à l'étude de la fibre ligneuse ou du tissu cellulaire dont elle dérive.

#### CELLULOSE.

FOURCROY, *Système des conn. chimiques.*

RUMFORD, *Mémoire sur les bois et le charbon*, p. 15.

THÉNARD ET GAY-LUSSAC, *Rech. phys. chim.*, t. 2, p. 295.

PROUT, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 36, p. 371.

BÉRARD, *Lignine de la pulpe et des noyaux, mémoire sur la maturation des fruits*, p. 32.

DUTROCHET, *Ann. des sciences naturelles.*

DE CANDOLLE, *Théorie élémentaire*, 2e édit., p. 417.

RASPAIL, *Journal des sciences d'observation*, t. 2, p. 415.

BRACONNOT, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 12, p. 172.

De Mirbel, *Bulletin des sciences chimiq.*, Ferrussac, t. 10, p. 224.

Guerin, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 51., p. 242.

Liebig, Schlosser et Petersen, *Ann. de Poggendorf.*

Ad. Brongniart, *Ann. des sciences naturelles*, mai 1840.

Payen, *Comptes rendus, Recueil des savants étrangers et Annales des sciences naturelles*, 1839 et 1840.

3371. La physiologie végétale s'est enrichie depuis quelques années d'un certain nombre de belles et fondamentales observations dues principalement à M. de Mirbel. Elles ont mis hors de toute espèce de doute que les organes si divers en apparence, désignés par les botanistes sous les noms d'utricules, de cellules, de vaisseaux, de trachées, dérivent tous d'un seul et même organe primordial, la cellule proprement dite.

Celle-ci, qui apparaît d'abord comme un point flottant dans les liquides du végétal ou adhérent à quelqu'une des membranes qui le constituent, se dilate peu à peu et prend la forme d'un sac qui se moule sur les parois voisines et qui contracte avec elles d'intimes adhérences.

Lorsque dans une série de telles vésicules, il vient à s'ouvrir une libre communication d'une cellule à l'autre, par la rupture des diaphragmes que formaient les surfaces de contact de deux cellules voisines, il en résulte un véritable vaisseau.

On devait donc s'attendre à trouver identique, au point de vue chimique comme au point de vue physiologique, cette membrane qui forme les parois des cellules et celles des vaisseaux. Il a fallu néanmoins, pour mettre cette importante vérité hors de doute, une longue suite de recherches dont la science est redevable à M. Payen.

En effet, si l'on cherche à se rendre compte de la production du tissu ligneux, on voit apparaître quelquefois une cellule qui prend, par la pression des cellules voisines,

la forme d'une pyramide hexagonale et qui est remplie d'un liquide où nagent quelques granules. Dans son intérieur, par le développement de l'un de ces granules, se produit bientôt une nouvelle cellule, qui en grossissant vient se juxtaposer concentriquement à la première ; à celle-ci en succèdent une troisième, une quatrième et ainsi de suite ; mais chacune de ces cellules emprisonne une portion de fluide ambiant entre ses parois et celles de la cellule précédente. En d'autres occasions, la cellule nouvelle va se développer par l'expansion de quelque granule placé sur la paroi de la cellule plus ancienne, et vient ainsi séparer en grossissant deux cellules voisines.

Ailleurs elle se présente à l'extrémité d'une cellule terminale, et produit en se développant l'allongement de l'organe auquel elle appartient.

La marche que suit le développement du tissu ligneux n'est donc pas toujours exactement la même, mais elle s'effectue cependant toujours par la production de cellules ou de membranes au sein d'un liquide qui renferme des matières dissoutes et dont une partie demeure nécessairement emprisonnée dans le tissu lui-même. Tout tissu végétal renfermera donc les matières variées qui étaient dissoutes dans le liquide où il prend naissance. Quant à la matière propre du tissu elle est toujours la même dans tous les végétaux connus et dans tous leurs organes. Sa tendance à former des cellules et à se présenter sous cette apparence a conduit à lui donner le nom de *cellulose*, sous lequel nous la désignerons ici.

5372. La cellulose est un produit ternaire, formé de carbone, d'hydrogène et d'oxigène ; il contient environ 45 de carbone et 55 d'hydrogène ou d'oxigène dans les rapports qui constituent l'eau. Nous verrons bientôt que cette composition est précisément aussi celle du sucre de cannes, celle de l'amidon, celle de la dextrine et celle de la gomme arabique elle-même. Nous verrons de plus, que par une

simple addition d'eau, la cellulose peut se convertir en sucre de raisin.

Comme on voit, ces rapprochements sont pleins d'intérêt, mais pour qu'il soit permis de les établir et possible de les observer avec netteté, il faut que la cellulose soit étudiée libre de tout mélange de matière étrangère.

Or, indépendamment des matières dissoutes qu'elle emprisonne, la cellulose est toujours accompagnée d'une substance azotée.

Ce fait est général et aussi constant que la présence et la composition de la cellulose dans toute cellule, toute trame végétale. Cette matière azotée est floconneuse; elle se colore en jaune et se contracte par une solution aqueuse d'iode, qui laisse la cellulose pure parfaitement incolore.

Cette matière et une autre, azotée aussi, mais dissoute, sont en proportions telles dans les organes de tous les végétaux sans exception, de ceux même qui sont récoltés dans les terrains les plus arides, que ces organes excisés aussi jeunes que possible, desséchés et soumis à l'analyse, donnent de 17 à 19 centièmes d'azote. Calcinés en vase clos, ils produisent des vapeurs ammoniacales, ramenant au bleu le tournesol rougi; il semblerait au manipulateur non prévenu qu'il traite quelque débris animal.

Ces résultats sont faciles à vérifier en soumettant à l'analyse des parties très récemment formées, tendres et blanchâtres, comme les spongioles, les radicelles, les ovules des fleurs non fécondées, la totalité des organes floraux ou même des organes foliacés, pris dans le centre des très jeunes bourgeons, bien que dans tous ces organes naissants il se trouve déjà de la cellulose et des substances assimilables par elle et non azotées.

L'apparition des matières azotées précède la formation des cellules; du moins lorsque dans le fluide ou cambium prêt à s'organiser aucune cellule n'est encore visible, peut-on déjà discerner sous le microscope des flocons gra-

nuleux contractiles azotés ; en outre, si on porte la température à 100°, on coagule une matière semblable, qui, dissoute, ne se voyait pas.

Tels sont les résultats qu'on observe sur les liquides contenus dans les ovules plus ou moins volumineux de diverses plantes ; et, chose remarquable, c'est dans toutes les parties de l'organisme végétal où la vie semble avoir concentré sa plus grande énergie, que se trouvent plus abondamment réunies les substances à composition quaternaire.

3373. La composition des membranes qui forment les cellules végétales, et, par suite, la base de toute l'organisation des plantes rend facile pour le chimiste une distinction tranchée entre cette substance et la substance membraneuse des animaux.

La première, en effet, offre toujours sa composition ternaire équivalente à $C^{24} H^{18} O^{9}, H^{2} O$. Elle est donc isomérique avec l'amidon et transformable en une autre substance isomérique, la dextrine. Elle est inattaquable par l'acide acétique et l'ammoniaque même concentrés ; elle donne toujours des produits à réaction acide par la calcination en vases clos ; lorsqu'elle est fortement agrégée, elle est très peu attaquable par une solution de soude ou de potasse. Enfin, elle laisse, après avoir été chauffée au rouge, un charbon peu ou pas déformé.

Les membranes de l'organisme animal ont toujours, quelque bien épurées qu'elles soient, une composition quaternaire, sont souvent attaquables par l'ammoniaque ou l'acide acétique, et toujours par la soude et la potasse ; elles donnent des produits ammoniacaux parmi les produits de leur décomposition au feu, et laissent un charbon très boursouflé.

Ainsi donc, les caractères distinctifs entre la cellulose et les membranes animales ne peuvent permettre de les confondre.

Toutes ces remarques s'appliquent à la distinction qu'il

faut faire entre la cellule proprement dite et la matière azotée qui la précède dans le développement du végétal.

3374. Mais outre cette matière azotée, outre la matière dissoute qu'elle emprisonne, la cellulose se trouve souvent accompagnée dans les végétaux âgés de plusieurs substances qui sont venues se déposer dans ses cavités où elles constituent de véritables incrustations. Rien de plus difficile que d'en isoler la cellulose, et cela se comprend sans peine, puisqu'il s'agit d'aller attaquer une matière généralement peu soluble au sein même d'une cellule microscopique, et par là bien difficile à attaquer mécaniquement.

De là toutes les erreurs commises dans l'étude de ce qu'on avait nommé le *ligneux*.

Jusqu'à la fin du siècle dernier les chimistes ont considéré le bois pur ou ligneux comme une sorte de résidu sans importance de l'action exercée par les dissolvants sur le bois.

Fourcroy, le premier, appela l'attention des hommes de science et d'application sur le ligneux, non qu'il fût parvenu dès lors à aucune donnée précise sur les propriétés, la composition immédiate ou élémentaire de ce corps, mais parce que du moins il avait démontré que cet abondant résidu constituait une matière organique, décomposable au feu, laissant un charbon non déformé, donnant des gaz et un acide dont l'identité avec l'acide acétique fut plus tard démontrée par Vauquelin.

Le ligneux fut dès lors considéré comme un principe immédiat constituant les quatre-vingt-seize centièmes environ du poids de tous les bois.

Un grand nombre de recherches et d'analyses ont été faites sur cette substance; avant d'en présenter ici le résumé, nous ferons une remarque importante : c'est que la plupart de ces analyses ont porté sur les bois renfermant, outre le tissu ligneux proprement dit, les incrusta-

tions ligneuses plus riches que lui en carbone et en hydrogène. D'un autre côté, au contraire, la plupart des propriétés attribuées au ligneux ont été observées sur la cellulose presque pure : ainsi s'expliqueront aisément les différences apparentes qui s'observent entre les résultats obtenus par de très habiles expérimentateurs.

Après avoir mis successivement la sciure des bois ou des écorces en contact à la température de leur ébullition avec l'alcool, l'eau, la potasse dissoute dans douze fois son poids d'eau, l'acide chlorhydrique étendu, puis l'eau pure, MM. Thénard, Gay-Lussac et Prout, ont analysé le ligneux de plusieurs origines et sont arrivés aux résultats suivants, qui représentent en effet la composition des bois contenant le tissu et les incrustations ligneuses.

D'après MM. Gay-Lussac et Thénard :

| | Carbone. | Eau. |
|---|---|---|
| Bois de hêtre. . . . . | 51,45 | 48,55 |
| Bois de chêne. . . . . | 52,55 | 47,45 |
| Écorce de hêtre. . . . . | 52,22 | 47,78 |
| Écorce de chêne. . . . | 51,04 | 49,66 |
| Bois de cormona. . . . | 55,0 | 45,0 |

D'après le docteur Prout :

| | | |
|---|---|---|
| Ligneux du buis. . . . | 50,0 | 50,0 |
| Ligneux du saule. . . . | 49,8 | 50,2 |

Les analyses de MM. Thénard et Gay-Lussac avaient présenté un léger excès d'hydrogène qui existe réellement dans la composition de tous les bois, mais dont on n'a pas tenu compte en général, parce qu'on l'attribuait à quelque imperfection d'analyse.

L'analyse du ligneux de l'écorce du bouleau donna les nombres suivants bien différents de ceux qui précèdent :

| | | |
|---|---|---|
| Carbone. . . . . | 62 | |
| Eau. . . . . | 35,12 | = 100 |
| Hydrogène excédant. . . | 2,88 | |

Il était probable que l'excès d'hydrogène trouvé dans les ligneux de bouleau et de sapin venait de quelques substances résinoïdes interposées, ce qui devait tenir à l'insuffisance des procédés d'épuration.

Cette dernière hypothèse, à laquelle sans doute s'arrêtèrent MM. Pétersen et Schlosser les engagea à chercher des procédés plus efficaces pour l'extraction du *ligneux* à l'état pur, et, chose remarquable, ils parvinrent en effet à obtenir un produit de composition uniforme, dont l'analyse donna pour tous les échantillons 49 de carbone et 51 d'hydrogène et d'oxigène. Or, les produits analysés étaient cependant encore complexes, et l'identité de composition résultait d'un pur jeu du hasard.

**3375.** M. Payen a fait voir que toute plante, depuis les classes inférieures des cryptogames jusqu'aux familles les plus élevées parmi les ordres des phanérogames, dès que son organisation est nettement perceptible à nos yeux, se compose de cellules arrondies ou allongées qui peuvent beaucoup varier dans leur configuration, mais qui, dans leur partie solide, continue, membraniforme, présentent toujours à l'analyse la même composition chimique : elle est représentée en centièmes par

| | |
|---|---|
| 44,8 | de carbone, |
| 6,2 | d'hydrogène, |
| 50,0 | d'oxigène. |
| 100,0 | cellulose. |

La cellulose est blanche, solide, diaphane, insoluble dans l'eau froide, l'alcool, l'éther et les huiles, son poids spécifique est de 1,525; elle peut tantôt être facilement désagrégée par l'eau bouillante, tantôt résister longtemps à ce dissolvant et à d'autres bien plus énergiques, suivant qu'elle est faiblement ou fortement agrégée.

Le produit de sa désagrégation, opérée sans autre al-

tération, offre les propriétés et la composition élémentaire de la *dextrine*.

Les acides sulfurique et phosphorique concentrés attaquent à froid la cellulose, la désagrègent sans la colorer; elle devient alors soluble dans l'eau et précipitable dans l'alcool.

La potasse et la soude caustique à froid et à chaud produisent un résultat analogue en la gonflant d'abord, mais ne dissolvent que très lentement et d'une manière superficielle la cellulose lorsqu'elle est douée d'une forte cohésion : c'est ainsi qu'on peut concevoir le blanchiment des tissus de chanvre, de lin, de coton, et l'affinage des batistes par les lessives caustiques.

Les acides sulfurique, phosphorique, chlorhydrique, azotique, très étendus, ainsi que les acides végétaux, ne l'attaquent pas sensiblement.

L'acide acétique concentré et bouillant ne la désagrège même pas.

L'acide azotique très concentré agit à froid sur la cellulose, en produisant d'abord de la dextrine, puis de la xyloïdine précipitable par l'eau. Si on laisse la réaction continuer sans étendre le liquide, de nouveaux produits naissent successivement. Nous les indiquerons plus loin en traitant de l'amidon.

Dans leur réaction qui est très rapide, quand elle est favorisée par la chaleur, le chlore et les solutions fortes des chorures de chaux, de potasse et de soude, détruisent la cellulose en fournissant de l'oxygène à son carbone, qui produit de l'acide carbonique : c'est une véritable combustion.

La solution aqueuse d'iode est sans action apparente sur la cellulose agrégée fortement. Elle développe une couleur violacée sur la cellulose des tissus de certaines plantes cryptogames. A sec, et à la température de 150°, l'iode désorganise et brûle la cellulose à la faveur de son

eau de composition. La matière peut être ainsi totalement changée en eau, acide carbonique et charbon.

3376. La composition chimique de la cellulose, nous l'avons dit, est partout identiquement la même; mais les propriétés qui dépendent de son agrégation offrent des différences très notables.

On peut citer comme exemple de membranes végétales faiblement agrégées la plus grande partie du tissu de plusieurs lichens, notamment du lichen d'Islande; les cellules épaisses de ce lichen se gonflent, se désagrègent et se dispersent en une sorte de dissolution mucilagineuse dans l'eau pure, pourvu qu'elle soit portée à la température de l'ébullition; ce liquide, s'il n'est pas trop étendu, se prend par le refroidissement en une gelée alimentaire, colorable en violet par l'iode. Ce dernier réactif produit la même coloration sur les membranes du lichen et sur celles des sporules de plusieurs champignons. Nous verrons plus loin d'autres caractères chimiques qui établissent le passage entre la constitution physique de la cellulose et celle de l'amidon.

Le plus grand nombre des tissus même récemment formés dans les plantes phanérogames peuvent résister au contraire à l'eau bouillante; mais les solutions des alcalis caustiques, à froid, gonflent leurs membranes et les désagrègent à chaud.

Les tissus dont la cohésion a augmenté par la durée de la végétation résistent aux solutions concentrées des alcalis caustiques, et pendant un certain temps au chlore. Nous verrons que cette double propriété a permis d'isoler à l'état de pureté les cellules des hydrophites, des champignons, des characées, les fibres textiles du chanvre, du lin, les membranes du bois des conifères, et même la cellulose le plus abondamment incrustée de plusieurs tiges très dures et ligneuses.

Dans les différents états naturels qu'elle affecte, la cellu-

lose offre donc divers degrés de cohésion, depuis les fibres résistantes des plantes ligneuses et textiles jusques aux membranes très jeunes ou à celles formées dans plusieurs tissus des cryptogames, et dont l'agrégation est si faible qu'elle se rapproche beaucoup de celle qui caractérise la substance amylacée.

Cette faible agrégation de la cellulose qui se remarque dans la matière, qui épaissit graduellement les parois des cellules du périsperme des dattiers, du phytelephas, etc., facilite sa dissolution pendant la végétation : elle passe alors à l'état de dextrine, et celle-ci, fournit des matériaux isomériques à la végétation, qui les transporte au travers des tissus abandonnés, pour aller former les jeunes membranes des nouveaux tissus.

3377. On peut opérer artificiellement de semblables transformations en agissant non seulement sur les membranes faiblement agrégées, que l'eau bouillante attaque et change en une matière isomérique soluble, intermédiaire entre la dextrine et l'amidon, mais encore sur la cellulose fortement agrégée; dans ce dernier cas, il faut employer un agent énergique : l'acide sulfurique, par exemple, comme l'a reconnu depuis longtemps M. Braconnot, dans sa belle expérience de la conversion du ligneux en dextrine et en sucre.

On triture à froid dans un mortier 100 parties de charpie avec 140 parties d'acide sulfurique concentré qu'on ajoute, goutte à goutte, pour éviter l'élévation de température. On broye jusqu'à ce que le mélange forme un magma gommeux; alors on étend d'eau, on sature l'acide sulfurique par la craie ou la barite, on concentre le liquide qui renferme la matière gommeuse qu'on précipite et qu'on lave par l'alcool. On fait redissoudre le produit dans l'eau et on filtre. Le liquide clair contient la dextrine provenant des membranes désagrégées, offrant la même composition élémentaire que la cellulose, manifestant sur le plan de

polarisation de la lumière le même pouvoir de rotation à droite que la dextrine d'amidon, ayant comme celle-ci la propriété de former des combinaisons avec les bases et de se transformer en *sucre de raisin* ou GLUCOSE, sous les mêmes influences réunies de l'acide sulfurique et de la chaleur.

L'acide azotique concentré convertit aussi à froid la cellulose en dextrine, mais celle-ci se combine avec un équivalent d'acide azotique, et le composé est précipitable par l'eau; il constitue la xyloïdine examinée par M. Pelouze, et sur laquelle nous reviendrons en traitant de l'amidon qui sert à la préparer ordinairement.

3378. Les applications de la cellulose sont nombreuses et importantes dans les arts industriels. Et en effet, la cellulose constitue la substance utile des filaments végétaux, du chanvre, du lin, du phormium tenax, de l'agave, du bananier, de l'ortie, du coton et d'autres matières premières employées dans la filature, le tissage, la fabrication du papier, du carton. La cellulose constitue la trame de tous les bois, de ceux même qui doivent leur dureté à des concrétions amorphes; elle peut à elle seule dans les tissus serrés à membranes très épaisses, offrir une cohésion telle que la matière soit susceptible d'un poli se rapprochant de celui de l'ivoire. Ces conditions réunies dans le périsperme de la graine du phytelephas ont permis de la tailler et de la polir sous forme de pomme de cannes, application nouvelle qui motive l'importation en France d'une assez grande quantité de ces graines.

Lorsqu'on trempe pendant quelques minutes un morceau de toile ou une feuille de papier dans l'acide azotique à 1,4 de densité, puis ensuite dans l'eau, la xyloïdine formée aux dépens d'une partie des membranes végétales, reste interposée et rend le papier et la toile imperméables à l'eau, et beaucoup plus combustibles, propriétés qui ont

suggéré à M. Pelouze l'idée d'appliquer ces enveloppes à la confection des gargousses pour l'artillerie.

3379. D'après tout cela, il est clair que la meilleure manière de se procurer la cellulose consiste à la prendre tout simplement dans le vieux linge, dans le coton, la moëlle d'ischénomène paludosa, la moëlle de sureau, etc. Toutes ces substances et le papier lui-même offrent de la cellulose pure ou facile à purifier. Mais nombre de circonstances peuvent rendre intéressante ou importante l'extraction de la cellulose des matières plus complexes, qui en renferment. Aussi, avons-cru devoir exposer ici avec tous les détails pratiques les procédés qui ont permis de retrouver la cellulose pure dans toutes les variétés du tissu végétal.

Les difficultés qui se présentent lorsqu'on veut extraire des végétaux le tissu membraniforme pur, tiennent à la présence de plusieurs principes immédiats que leur résistance propre aux dissolvants, l'abri qu'ils trouvent dans l'enveloppe celluleuse, et leur adhérence aux parois membraneuses, rendent difficilement attaquables.

Dans plusieurs cryptogames, ces principes immédiats comprennent des matières grasses ou colorantes, riches en carbone et en hydrogène ; il en est de même relativement aux parties herbacées et aux feuilles en général des végétaux phanérogames : de là, l'explication des excès de carbone et d'hydrogène trouvés dans ces tissus incomplètement épurés. Ce sont des causes semblables qui ont fait porter trop haut l'évaluation des mêmes éléments dans les analyses du tissu des bois ; car le ligneux que l'on supposait épuré au point d'être réduit à ses cellules ou membranes végétales, renfermait encore une partie des matières précitées, et en outre des incrustations composées de trois principes immédiats plus riches en carbone et en hydrogène que la cellulose.

On comprendra, d'après ce que nous venons de dire, que les tissus qui, par les circonstances de leur forma-

tion dans les plantes ont sécrété le moins de matières grasses et d'incrustations, doivent être les plus faciles à épurer : tels sont les poils de plusieurs graines : ceux qui constituent le coton commun, par exemple; la moëlle du sureau, celle de l'œschynomène paludosa, dans laquelle on découpe ces feuilles blanches légères, compressibles, importées en France sous le nom impropre de papier de riz; tels sont encore les tissus du périsperme des dattiers (dits noyaux de dattes); ceux de l'intérieur de la tige de l'herminiera (bilor des nègres du Sénégal); ceux de la partie blanche interne des feuilles de l'agave americana, etc.

La cellulose de ces diverses parties des végétaux s'extrait pure à l'aide d'un traitement par la potasse, le chlore, l'acide acétique et des lavages convenables.

La substance divisée est lavée par l'eau à froid, puis à chaud. Elle est maintenue en contact avec une solution, au dixième, de soude ou de potasse caustique pendant deux heures à la température de 80 à 100°, puis égouttée, lavée et pressée à plusieurs reprises. Ensuite, elle est soumise dans l'eau à un courant de chlore et lavée. Puis elle est traitée à chaud par une solution au cinquantième de soude ou de potasse, lavée à l'eau pure et à l'acide acétique. Epuisée par l'eau bouillante, l'éther et l'alcool, enfin desséchée dans le vide à 100°; elle offre les propriétés et la composition chimique de la cellulose.

L'épuration sera plus facile si l'on emploie des tissus plus récemment formés, et ne renfermant, pour ainsi dire, dans leurs utricules, que les matières qui ont présidé à leur formation. Tels sont les jeunes tissus que l'on rencontre dans les spongioles des radicelles de toutes les plantes; ceux qui constituent les organes foliacés ou floraux blanchâtres encore, comme on les trouve au milieu des bourgeons non ouverts, dans les ovules des fleurs non fécondées ou fécondées récemment; enfin, la trame de la

partie charnue très rapidement développée de certains fruits, et même celle qui se manifeste dans les sucs où l'organisation se montre presque naissante au moment où ils s'épanchent.

L'épuration de la cellulose de tous ces jeunes organes, préalablement écrasés dans un mortier, a lieu comme celle des bois par les alcalis et le chlore, mais cinq fois plus faibles, et employés à froid. Il convient seulement de la comprimer fortement dans un tube en verre, puis de sécher le cylindre plein, ainsi obtenu, afin que devenu consistant par sa contraction, on puisse facilement le diviser à l'aide d'une lime, car la ténacité de la substance membraneuse se conserve après tous ces lavages au point qu'il serait impossible de la diviser à coups de pilon.

L'extraction de la cellulose du lichen d'Islande est facile aussi, car il suffit de traiter successivement la matière pulvérisée par l'eau, l'ammoniaque, l'acide acétique, l'alcool et l'éther, jusqu'à ce qu'elle ne cède plus rien à ces réactifs, pour l'amener à donner les proportions de carbone, d'hydrogène et d'oxygène qui constituent la cellulose; à la vérité, elle retient de l'inuline, mais celle-ci est isomérique avec elle, et nous indiquerons comment on peut l'éliminer, en comparant ses propriétés avec celles de l'amidon.

3380. Toutes les parties des végétaux qui ont sécrété abondamment des substances grasses, souvent accompagnées de matière colorante verte, offrent beaucoup de difficulté lorsqu'on en veut extraire la cellulose pure, et sous ce rapport plusieurs conferves exigent des traitements analogues à ceux qu'il faut faire subir aux feuilles des plantes phanérogames.

Une difficulté particulière aux conferves tient à la facile altérabilité de leurs membranes. C'est au point que si l'on veut pratiquer l'épuration par les alcalis caustiques, on dissoudra la membrane extérieure sans dissoudre les ma-

tières verdâtres, qui restent enfermées dans les longues cellules internes disloquées. Pour éviter cet inconvénient, on agglomère fortement dans un tube la matière brute seulement imprégnée de la solution de soude; desséchée et soumise à la lime elle laissera voir ses doubles cellules ouvertes. Alors des traitements deux fois réitérés par des solutions étendues de soude, chlore, acide chlorhydrique, puis par l'alcool et l'éther, laisseront en définitive la cellulose pure, membraneuse encore, et offrant ses propriétés et sa composition normales.

Les abondantes sécrétions ordinairement colorées en vert d'eau que les feuilles renferment, rendent aussi l'épuration de leur tissu très longue et difficile : on l'abrègera beaucoup en broyant les feuilles fraîchement cueillies, les exprimant à plusieurs reprises sous une presse énergique, après les avoir chaque fois délayées dans l'eau chaude, puis égouttées : alors, deux traitements successifs par la solution de potasse à 0,12, l'acide chlorhydrique étendu, le chlore, puis des lavages à l'eau, l'alcool et l'éther suffiront pour amener les membranes à l'état de pureté.

Un moyen fort simple de faciliter l'épuration de la cellulose des feuilles et tiges herbacées des végétaux, consiste à soumettre préalablement ces substances à la digestion des ruminants. En effet, si l'on traite de la même manière que les feuilles les excréments de vaches nourries dans une prairie naturelle, on obtiendra, sans réitérer deux fois l'action du dissolvant, la matière organique blanche et pure, offrant encore sous le microscope les détails de l'organisation des vaisseaux isolés ou déroulés.

3381. S'agit-il enfin d'extraire la cellulose des bois, la division mécanique nécessaire pour ouvrir la plupart des cellules ligneuses peut s'obtenir en réduisant d'abord les bois en poudre par l'action d'une lime, puis broyant la poudre obtenue avec de l'eau, à la molette, sur une table de porphyre ou de granit.

On chauffe alors au bain d'huile la substance pâteuse, délayée dans quatre ou cinq fois son poids d'une solution contenant environ un dixième de soude ou de potasse caustique ; on fait évaporer à siccité, en soutenant la température au degré de l'ébullition du liquide, mais évitant à la fin de pousser au point où un dégagement d'hydrogène aurait lieu.

On épuise à l'eau bouillante, on traite par le chlore ou par une solution de chlorure de chaux, on lave par l'acide chlorhydrique étendu, puis on réitère une ou même deux fois le même traitement, si les bois sont fortement incrustés. On peut relativement à la plupart d'entre eux supprimer l'action du chlore, mais cet agent a paru indispensable pour extraire pure la fibre végétale du bois des conifères.

Les membranes de ces bois offrent d'ailleurs plusieurs particularités notables : ainsi la matière azotée qui pénètre dans leur épaisseur les rend colorables en jaune souci par l'iode, y persiste même après trois traitements à la potasse et n'en est éliminée facilement qu'après la réaction du chlore.

On peut comprendre d'ailleurs l'épuration plus complète de toutes les membranes par le chlore, en admettant que ce réactif attaque la couche superficielle ou les parties plus faiblement agrégées de la substance elle-même, par conséquent qu'il détruit l'adhérence de tout corps étranger, et qu'il facilite le libre contact des autres dissolvants.

### *Incrustations ligneuses.* (M. Payen.)

3582. Une substance dure, cassante, amorphe, déposée en couches plus ou moins épaisses et irrégulières dans les cellules allongées des tissus *ligneux*, constitue cette partie des bois qui, plus abondante dans le cœur que dans l'aubier, en accroît la dureté et la densité. Souvent colorée en diverses nuances jaunes, brunes ou rougeâtres, elle est plus abondante dans les bois désignés sous les différentes

épithètes de *gris*, *bruns*, *lourds* et *durs*, que dans les bois appelés *blancs*, *légers* et *tendres*.

Plus riche en carbone et en hydrogène que la cellulose, elle donne plus d'acide acétique à la distillation, dans les rapports de 10 à 15 environ. Elle produit plus de chaleur par sa combustion, en raison du carbone et de l'hydrogène qui s'y trouve en excès. Sa composition varie, en effet, dans les différents bois et matières ligneuses entre 0,52 et 0,54 de carbone, 0,062 et 0,065 d'hydrogène, 0,395 et 0,408 d'oxygène.

Les différences observées dans la composition élémentaire des incrustations des bois tiennent surtout aux proportions variables des trois substances qui s'y trouvent réunies. Les parties le plus fortement incrustées des plantes d'ailleurs sont celles où la vitalité paraît le plus affaiblie, si ce n'est complètement éteinte ; ce sont aussi celles où la proportion d'azote est le moins considérable ; celles enfin où la chaleur propre est insensible, d'après les dernières expériences de M. Dutrochet.

On parvient à extraire la substance incrustante des bois en divisant ceux-ci le plus possible : 1° à l'aide d'une lime agissant dans un plan presque perpendiculaire à la direction des fibres ; 2° au moyen d'un broyage énergique à la mollette, avec l'intervention de l'eau, et sur une table en porphyre ou en granit.

La matière pâteuse ainsi obtenue est successivement lavée à froid par l'eau, par une solution étendue de potasse, par l'acide chorhydrique, par l'alcool, l'éther. Après l'avoir desséchée on la délaye dans environ dix fois son poids d'une solution de soude au dixième ; on fait bouillir et rapprocher le mélange au bain d'huile, presque jusque à siccité, mais sans pousser au point de faire dégager du gaz hydrogène. On délaye dans l'eau, on filtre, puis on précipite la solution en saturant tout l'alcali par l'acide chorhydrique. Le précipité plus ou moins abondant, est coloré

en fauve ou en brun, ou bien se montre blanc grisâtre, suivant la nature du bois employé. Il contient trois substances différentes. On l'épuise par des lavages à l'eau pure, on le fait égoutter, puis on le délaye dans l'alcool anhydre ou très fort, on filtre et on épuise le dépôt; les solutions alcooliques réunies, évaporées, laissent une première substance brune, soluble dans l'alcool, qu'il faut épurer par l'éther, jusqu'à épuisement.

On traite également avec l'éther le résidu insoluble dans l'alcool; les solutions éthérées, distillées à froid et rapprochées à siccité, laissent un résidu brun : c'est la substance soluble dans l'éther. On l'épure à froid par une deuxième dissolution dans l'éther; filtration et rapprochement à siccité.

Enfin, ce qui reste du précipité après l'emploi de l'alcool et de l'éther, constitue la troisième substance. Elle est insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Ordinairement elle est grisâtre, et beaucoup moins riche en carbone que les deux autres.

Les proportions de ces trois matières varient dans les nscrustations des différents bois. Les rapports entre les ncrustations et la cellulose sont également variables. La composition élémentaire de ces quatre substances et leurs propriétés spéciales mises en regard dans le tableau suivant, rendent suffisamment compte des différences observées par les chimistes entre les ligneux de plusieurs origines qui, incomplètement épurés, représentaient souvent des mélanges variables entre les quatre substances, tandis que parfois ils ne contenaient presque rien autre chose que de la cellulose.

## DES PRINCIPES IMMÉDIATS QUI CONSTITUENT LES BOIS LAVÉS PAR DES DISSOLVANTS FAIBLES.

| COMPOSITION : | CELLULOSE BLANCHE. | SUBSTANCE GRISATRE insoluble à l'eau, l'alcool et l'éther. | SUBSTANCE BRUNE soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther. | SUBSTANCE JAUNE FAUVE soluble dans l'éther, l'alcool et l'eau pure. |
|---|---|---|---|---|
| Carbone. | 44,8 } 100 | 48 } 100 | 51,5 } 100 | 68,53 } 100 |
| Hydrogène. | 6,2 | 6 | 6,5 | 7,04 |
| Oxygène. | 49 | 49 | 42 | 24,43 |
| EFFETS DES RÉACTIFS : | | | | |
| 1° Acide sulfurique à 66°. | Désagrège et transforme en dextrine sans coloration. | Dissout et colore en violet brun foncé. | Dissout et colore en orangé brun. | Dissout et colore en jaune fauve foncé. |
| *id.* + excès d'eau. | Étend sans colorer. | Précipite en flocons noirs. | Précipite en flocons bruns très volumineux, | Précipite en flocons gris roussâtres. |
| 2° Acide hydrochlorique. | Désagrège sans coloration. | Colore en brun. | Colore en brun. | Colore en noir. |
| *id.* + excès d'eau. | Étend sans colorer. | Précipite en flocons fauves. | Précipite en flocons bruns. | Donne un précipité noir. |
| 3° Chlore. | Attaque peu à froid. | Dissout et blanchit. | Dissout et colore en jaune. | Ne dissout pas. |
| *id.* à chaud. | Transforme en eau et acide carbonique. | . . . . . | . . . . . | . . . . . |
| 4° Eau à 100°. | Gonfle un peu ou beaucoup suivant sa cohésion. | Sans action. | Sans action. | Dissout et abandonne en partie par le refroidissement ou l'évaporation (1). |
| 5° Ammoniaque. | Sans action. | Ne dissout pas sensiblement. | Dissout abondamment. La solution est précipitée en flocons fauves par l'acide sulfurique. | Dissout entièrement. |
| 6° Acide azotique. | Change en dextrine, xyloïdine, etc. | . . . . . | | |
| 7° Acide acétique. | Sans action. | Ne dissout pas sensiblement. | Dissout complètement. L'eau précipite la solution. | Dissout complètement. |

(1) Les acides sulfurique, chlorhydrique et oxalique en précipitent la matière en jaune fauve (sous formes de sphérules visibles au microscope), les acides azotique et acétique le rendent plus soluble.

Les analyses immédiates et élémentaires faites par M. Payen sur les bois de chêne, de hêtre, d'acacia et d'aylanthus glandulosa, sur la matière ligneuse des coquilles d'amandes et sur les incrustations *pierreuses* des poires, ne peuvent laisser de doutes ni sur l'existence de la matière organique incrustante, ni sur la présence des trois substances au moins qui les composent (1). Les données qui précèdent, jointes aux notions bien plus complètes sur la cellulose, suffisent peut-être à l'explication des phénomènes connus qui intéressent l'industrie; mais l'étude plus approfondie des incrustations ligneuses et des combinaisons que peuvent former leurs composants, apportera sans doute bientôt quelques nouveaux résultats à la science.

### BLANCHIMENT DES TOILES.

3383. Les toiles ou fils, produits par des fibres végétales, sont toujours formés de cellulose, sinon pure, du moins très propre à le devenir. Aussi, après avoir subi les opérations qui les disposent à entrer dans la consommation, les tissus de chanvre, de lin, de coton, de formium tenax, sont-ils formés de cellulose à peu près pure. En réalité, l'art de blanchir ces tissus consiste, même à peu près, à dépouiller la cellulose qui les forme de toutes les matières étrangères, sans altérer sa texture et sans nuire à la solidité de ses propres membranes.

L'art de blanchir ces étoffes dérive naturellement des procédés qu'on a mis en usage pour décrasser les étoffes de ce genre qui avaient été employées; on s'est aperçu que lavées plusieurs fois, elles blanchissaient sous l'influence du lessivage par les alcalis, et de la dessiccation opérée à l'air et au soleil. De là, l'idée de faire concourir au blanchi-

(1) Quelques différences observées dans les caractères et l'analyse des substances, à 48 et 68,5 cent. de carb., permettent de croire qu'elles pourront être dédoublées encore.

ment des toiles l'action des lessives alcalines et celle d'une exposition sur le pré où elles éprouvent les effets de l'air humide et de la lumière solaire. Tel est l'ancien procédé de blanchiment encore en usage dans beaucoup de pays.

La découverte du chlore est venue changer la face de cette industrie. Berthollet mettant à profit les propriétés de ce gaz, fit voir qu'avec une alternance convenable de lessives alcalines et d'immersions dans de l'eau chargée de chlore, les tissus pouvaient être amenés au plus beau blanc dans un temps plus court que celui qui était nécessaire par l'ancien procédé. Aujourd'hui, l'emploi du chlore est généralement adopté; si les procédés varient, cela tient à la nature des tissus, ou plutôt à celle des matières étrangères qui accompagnent la cellulose dans les diverses substances textiles.

3384. *Blanchiment du coton.* Le coton, qui consiste presque entièrement en cellulose pure, offre moins de difficultés au blanchiment que toutes les autres fibres végétales, et pourtant le nombre des opérations auxquelles il est soumis dans les ateliers bien dirigés pourra paraître extraordinaire. C'est que le coton, sans renfermer des corps abondants, en renferme de très divers. Ces matières sont :

1° Une matière colorante jaune propre au coton;

2° La farine ou l'amidon employés dans le collage ou le parage de la chaîne;

3° Le savon dont on a imprégné les canettes ;

4° L'huile provenant des machines de la filature ;

5° De la graisse ou du suif dont le tisserand fait usage pour faciliter le mouvement de la chaîne entre les dents du peigne ;

6° Des oxydes de fer et de cuivre tenus en dissolution dans les huiles et dans la graisse ;

7° La crasse des mains des ouvriers et la poussière des ateliers.

Comme le blanchiment des toiles de coton a non seulement pour objet de produire des toiles blanches, mais aussi

de les préparer aux diverses opérations de la teinture, on doit distinguer ces deux cas. Si la toile doit être vendue en blanc, il suffit qu'elle satisfasse l'œil du consommateur. Si elle est destinée à la teinture, il faut qu'il ne se développe aucun accident dû à la présence de corps étrangers qui altéreraient ou fixeraient les couleurs. Ces corps peuvent être incolores et demeurent inaperçus dans les toiles blanches, tandis qu'ils produisent des taches dans celles qui ont subi les opérations de la teinture. Aussi, est-il bien plus difficile de blanchir la toile destinée à la teinture que celle que l'on veut consommer en blanc.

Voici la série d'opérations qu'exige le blanchiment des toiles de coton :

1° Humectage des toiles écrues.

2° Trempage pendant vingt-quatre heures à une température de 25 ou 30°.

3° Foulage pendant une heure.

4° Première lessive. Pour 325 pièces, on compte 20 kilogrammes de sel de soude rendus caustique par 10 kilogrammes de chaux et 1500 litres d'eau. On chauffe à la vapeur pendant vingt-quatre heures.

5° Foulage.

6° Deuxième lessive.

7° Foulage.

8° Troisième lessive.

9° Foulage.

10° Quatrième lessive.

11° Foulage.

12° Cinquième lessive.

13° Foulage.

14° Première immersion de quarante-cinq minutes dans le chlore.

15° Premier passage en acide chlorhydrique.

16° Foulage.

17° Exposition de quatorze jours sur le pré.

18° Sixième lessive.

19° Foulage.

20° Deuxième immersion dans le chlore.

21° Deuxième passage dans l'acide chlorhydrique.

22° Foulage.

23° Séchage.

24° Flambage.

3385. Humecter les toiles paraît une opération si simple qu'il faut bien expliquer en quoi l'humectage bien égal des toiles écrues n'est pas sans quelque difficulté; c'est que le coton écru renferme une matière résinoïde, soluble dans les alcalis qu'elle ne sature pas. Le coton en cède 4 ou 5 millièmes de son poids à une dissolution alcaline à 1 degré, par une ébullition d'une couple d'heure. Cette matière est légèrement soluble dans l'eau bouillante, très soluble dans les alcalis et soluble aussi dans les acides, mais bien moins. Cette matière résinoïde oppose une certaine résistance à la pénétration de l'eau, et rend l'humectage des toiles difficile et irrégulier.

Le trempage ou la macération est une opération délicate qui a pour but de détruire la farine ou l'amidon que le tisserand a déposés sur la chaîne des toiles, et qui constitue ce qu'on nomme le parou ou parement. Autrefois, on remplaçait cette opération par un lessivage faible qu'on désignait sous le nom de décreusage. Aujourd'hui, le procédé du trempage, imité des procédés de l'amidonnier, est généralement adopté.

On fait tremper les toiles dans l'eau à 25 ou 50°, et on les maintient à cette température pendant trente-six heures. On regarde cette opération comme très chanceuse et comme éminemment capable d'affaiblir les toiles. Certains blanchisseurs en bornent la durée à cinq ou six heures ; d'autres la prolongent pendant deux jours, et ajoutent même du son au mélange pour activer la fermentation qui s'établit toujours. Toute cette opération est dirigée en vue de la dé-

composition du gluten qui fait partie de la farine déposée sur la toile par le tisserand. L'expérience prouve qu'un trempage de trente-six heures n'est pas nuisible, et que l'emploi du son n'a pas d'inconvénients.

Quand par l'effet de cette fermentation l'amidon a été converti en dextrine ou en sucre, et le gluten en produits solubles, il faut nécessairement laver la toile à grande eau pour la débarrasser de toutes ces matières. L'action des foulons favorise ce rinçage, soit qu'on emploie des foulons à trous qui nettoient très bien les pièces, soit qu'on se serve de cylindres avec battes qui ménagent mieux les tissus, soit enfin qu'on préfère la machine à laver connue sous le nom de *dash Wheels*.

3386. Les roues à laver, connues sous le nom de *dash Wheels*, sont formées d'une espèce de tambour cylindrique, dont le pourtour est à claires voies de manière à laisser entrer et sortir l'eau, sans cependant livrer passage aux toiles. Les côtés ou fonds de ce tambour sont fermés, sauf les ouvertures destinées à l'introduction du linge; quand on veut rincer le linge, on le fait entrer par ces ouvertures dans la roue, et on met celle-ci en mouvement.

Le tambour plonge toujours de 20 à 30 centimètres dans une eau courante, si l'eau est abondante, et dans le cas contraire, dans une eau que l'on peut renouveler à volonté. Le mouvement rotatif et continu du *dash Wheels* balotte sans cesse le linge et produit l'effet d'un battement à bras, en évitant toutefois les inconvénients de ce dernier.

Cet appareil très économique d'établissement et de main d'œuvre, a rendu de grands services à la plupart des blanchisseries.

3387 Les lessivages reposent sur l'emploi d'une dissolution bouillante de soude caustique, ou même quelquefois sur l'action d'un lait de chaux. Dans ce dernier cas, on dépose la chaux éteinte par couches entre les pièces.

Les lessives alcalines sont chargées de dissoudre la ma-

tière colorante résinoïde du coton écru, et les matières grasses dont le tissu se trouve imprégné; bien entendu qu'à chaque lessive doit succéder un rinçage capable d'entraîner tout ce qui est devenu soluble ou émulsif sous l'influence de l'alcali.

La force des lessives varie d'une fabrique à l'autre; mais l'observation microscopique, ainsi que l'analyse chimique de la cellulose, montrent avec la dernière évidence combien il importe d'employer des dissolutions alcalines très faibles, quitte à augmenter selon le besoin le nombre des lessivages.

Sans s'exposer à détruire les parois des cellules elles-mêmes, c'est à dire sans détruire toute la tenacité des filaments, on ne peut pas dissoudre rapidement les matières que chaque cellule renferme : il faut que l'action soit très ménagée, très graduelle.

Nous avons cité plus haut le dosage d'un des établissements les plus renommés de l'Alsace, savoir: 20 kilogrammes sel de soude, 10 de chaux et 1500 d'eau pour 325 pièces, la durée du lessivage étant de vingt-quatre heures.

Bien entendu que dans les appareils de lessivage la température doit toujours être portée le plus vite possible au degré qu'elle doit atteindre. Rien de plus dangereux en effet qu'un appareil de ce genre, trop lent à chauffer ou s'échauffant inégalement, et dans lequel une partie des tissus est déjà altérée quand le reste est encore trop froid pour avoir éprouvé l'action des lessives.

On peut à bon droit s'étonner que certains blanchisseurs fassent usage de lait de chaux. S'il s'agit de tissus qui doivent rester en blanc, son emploi peut se comprendre; mais s'il est question de tissus destinés à la teinture, il est accompagné de bien des inconvénients. En effet, la chaux saponifiant les matières grasses dont la toile est imprégnée, produit des savons de chaux insolubles qui se fixent sur la

toile. L'expérience prouve que ces savons ne sont pas dissous plus tard par des lessives alcalines, surtout quand ils ont subi l'action du chlore. Ils demeurent donc çà et là sur les pièces, et produisent à la teinture l'effet d'un mordant, la chaux qu'ils renferment produisant des combinaisons insolubles avec matières colorantes.

Il faut donc éviter l'emploi du lait de chaux, et par une raison semblable empêcher le tisserand de se servir de suif, car de toutes les matières grasses, c'est celle qui produit le plus aisément des composés insolubles dans les lessives.

3388. Les appareils de lessivage ont tous pour but de renouveler les contacts entre la lessive et les toiles, tout en maintenant la température au degré d'ébullition.

Ces appareils fonctionnent sans main-d'œuvre et peuvent tous se ranger dans trois classes, qui sont :

1° Lessivage par affusion spontanée, soit à feu nu, soit à la vapeur.

2° Lessivage par circulation (système Bonnemain).

3° Lessivage à la vapeur.

*Lessivage par affusion spontanée.* — La planche donne les détails d'un lessivage par affusion spontanée et avec chauffage à la vapeur, et la légende annexée contient toutes les explications nécessaires pour faire comprendre la marche de l'appareil. On reproche à ce procédé d'étendre la lessive au fur et à mesure que l'opération s'avance ; si c'est là un inconvénient, il est bien contrebalancé par l'économie et par d'autres avantages qui résultent de l'emploi d'un seul foyer et d'un seul générateur de vapeur pour toute une blanchisserie importante.

Dans un petit atelier, au contraire, il y aura économie à employer le chauffage à feu nu, et dans ce cas, la cuve en bois, semblable aux précédentes, est placée sur une chaudière en tôle doublée intérieurement de plomb, et reçoit directement l'action de la chaleur. Arrivée à l'ébullition, une grande partie de la lessive monte par le tuyau cen-

tral, pressée qu'elle est par la vapeur formée ; elle redescend en filtrant au travers du linge pour remonter de nouveau par la même cause.

*Lessivage par circulation.* — L'appareil employé dans ce système se compose d'une bouillotte tenue constamment remplie de liquide, et communiquant avec le cuvier au moyen de tubes horizontaux, joignant, l'un le fond de la bouillotte à la partie inférieure du cuvier ; l'autre, la partie supérieure de la bouillotte à la partie supérieure du cuvier.

Le niveau de la lessive étant établi par ce moyen dans le cuvier et dans la bouillotte, si l'on vient à chauffer cette dernière, les couches inférieures de lessive dilatées s'élèveront, passeront dans le cuvier par le tube supérieur et seront remplacées par de nouvelles couches froides, arrivant du même cuvier par le tube inférieur. Un avantage de ce procédé, c'est qu'à l'aide d'une seule bouillotte pour échauffer la lessive, on peut établir la circulation dans un nombre quelconque de cuviers ; cette dernière disposition a été employée par M. D'Arcet, dans une papeterie, pour le lessivage des chiffons. — On peut reprocher à ce procédé un peu de lenteur dans les opérations, et cela parce qu'il est impossible de porter la lessive à l'ébullition.

M. Duvoir a remédié à cet inconvénient en combinant le lessivage par circulation avec celui par affusion spontanée. Son appareil se compose également d'une bouillotte dans laquelle la lessive est chauffée et d'un cuvier où sont placés les objets à lessiver ; mais tandis que dans l'appareil à circulation simple, la lessive se trouve au même niveau, dans la bouillotte et dans la cuve, et que la circulation a lieu par la différence de densité des deux colonnes de liquide ; ici, au contraire, la chaudière se trouve au dessous du cuvier et elle est hermétiquemsnt fermée, de telle manière que la vapeur venant à presser sur la lessive la force à monter dans un tuyau qui traverse le fond

de la cuve, se prolonge jusqu'au niveau de ses bords et se termine en parasol, tout à fait comme dans la chaudière à affusion spontanée.

La lessive, arrivée à la surface des tissus, les traverse peu à peu et arrive dans le double fond. Un second tuyau part du fond de la cuve et reconduit la lessive à la partie inférieure de la chaudière; si ce tuyau de retour communiquait librement avec la chaudière, la lessive y passerait plutôt que dans le premier qui s'élève à une plus grande hauteur : aussi M. Duvoir a-t-il eu soin de munir ce tube de retour d'une soupape qui se ferme lorsque la lessive tend à monter de la chaudière, et qui s'ouvre pour lui permettre d'y revenir lorsque la pression est équilibrée dans le cuvier et dans la chaudière. Alors, en effet, la lessive peut descendre par l'effet d'une petite différence de niveau entre la rentrée et la sortie du liquide dans la chaudière, et par la différence de densité existant entre le liquide refroidi descendant et le liquide bouillant ascendant.

3389. Les matières grasses accidentelles que renferment les tissus ne peuvent en être extraites que par les lessives alcalines; mais les matières colorantes peuvent être modifiées favorablement ou détruites par l'air et la lumière d'une part, ou bien de l'autre par le chlore seul. On peut dire qu'en général l'action de l'air ou celle du chlore ont pour effet de rendre les matières colorantes plus aptes à se dissoudre dans les alcalis.

Comme le chlore peut agir sans le concours de la lumière, comme il agit plus vite que l'air aidé de ce concours, il est bien peu d'opérations de blanchiment où on ne le fasse pas entrer aujourd'hui. On l'emploie dissous dans l'eau, et c'est là le moyen le plus sûr et le plus économique, ou bien à l'état de chlorure de chaux, ce qui affranchit le blanchisseur de la fabrication du chlore. Dans les deux cas, on se sert de dissolutions très faibles et on les emploie systématiquement, c'est à dire qu'on épuise le chlore des disso-

lutions qui ont déjà servi sur des toiles neuves, et qu'on termine le blanchiment de celles-ci avec les dissolutions neuves elle-mêmes.

Remarquons en outre que parmi les substances colorantes qu'il s'agit de dissoudre ou de détruire, les unes cèdent mieux à la lumière et à l'air, d'autres plus aisément au chlore. On emploie donc avec raison les deux agents sur les mêmes tissus quand la saison le permet, et on se trouve bien de leur emploi simultané.

Mais si l'action utile du chlore et celle de l'air humide se ressemblent beaucoup; il n'en est pas de même de leurs inconvénients. Les dangers du blanchiment par l'air et la lumière sont fort bornés ; il n'est pas facile d'en faire abus. Pour le chlore, il n'en est pas ainsi ; rien n'empêche pour aller plus vite de forcer la dose, et alors les plus graves désordres se manifestent.

Rien n'explique mieux le danger de l'emploi mal conçu du chlore, et les inconvénients qu'on trouve à en dépasser la dose, que l'expérience suivante de M. Payen. Si on met dans une solution aqueuse de chlorure de chaux de la cellulose, de la toile de chanvre, de lin ou de coton, ou bien du papier, et qu'on élève la température à 50 ou 60°, le tissu se désagrège rapidement et disparaît, tandis qu'il se dégage de l'acide carbonique. Plus les liqueurs sont concentrées, plus la température est élevée, et plus aussi cette action est rapide et complète.

Que dans une blanchisserie on ait employé une dissolution trop concentrée de chlorure de chaux, qu'on ait plongé des mousselines acides dans ce liquide, et bientôt celles-ci seront criblées de trous produits chacun par une bulle de chlore gazeux qui s'est dégagée dans le liquide même qui en était saturé.

M. Gannal pense, d'après des expériences qui lui sont propres, que les bains de chlore succédant immédiatement aux lessives alcalines ont beaucoup d'inconvénients ;

croit qu'un passage intermédiaire dans un lait de chaux peut les éviter. Cela revient à dire que le chlorure de soude ou de potasse agirait plus énergiquement sur les toiles que les chlorures de chaux.

Outre ces altérations immédiates, le blanchiment par le chlore peut entraîner des altérations qui pour être plus lentes n'en sont pas moins redoutables. Les étoffes mal lavées, demeurant imprégnées de chlorures, s'altéreraient en effet à la longue, à mesure que sous l'influence de la lumière leur chlore se transformerait en acide chlorhydrique ; le tissu perdrait toute tenacité, deviendrait cassant, friable même, et se briserait au moindre effort.

3390. L'objet des bains acides que l'on fait intervenir dans le blanchiment des étoffes de coton n'est pas facile à comprendre à priori. L'expérience atteste leur utilité ; elle apprend que ces bains peuvent être formés par du petit lait aigri, comme on le pratiquait en Hollande et en Irlande ; par de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique et employée à la température de 30° ; enfin, par de l'eau acidulée à l'acide chlorhydrique et employée à froid.

Ces bains font disparaître une teinte jaune qui persistait malgré tous les traitements précédents. Indépendamment des oxydes de fer et de cuivre que ces acides doivent enlever à la toile, indépendamment de la chaux à l'état de carbonate ou de savon qu'ils doivent en extraire aussi, il est certain qu'ils détruisent ou dissolvent une matière organique jaune ou brune qui résistait aux alcalis et au chlore.

Après ces bains acides qui doivent terminer le blanchiment proprement dit, un lavage très soigné est évidemment indispensable.

3391. Dans la belle blanchisserie de Wesserling et dans quelques blanchisseries anglaises, toutes les opérations du blanchiment qui exigent une main d'œuvre assez considérable, ont été plus rationnellement établies.

Au sortir des cuves de lessivage et des dash-wheel, les toiles sont cousues les unes au bout des autres, de manière à ne former qu'une seule et longue pièce continue ; l'extrémité de ce long ruban est engagée entre deux rouleaux dont les axes sont dans un même plan vertical ; le rouleau supérieur repose de tout son poids sur l'inférieur, et tous deux reçoivent un mouvement en sens contraire par transmission d'engrenages. Ces rouleaux en bois et recouverts d'une étoffe de laine, sont placés au-dessus d'un bain de chlore ou de chlorure de chaux.

En outre de cette disposition, on a adapté à l'appareil un système de trois marteaux en bois, à large tête cintrée, qui s'appliquent aussi bien que possible sur les rouleaux ; ces battoirs sont mus par un même arbre à cames disposées de telle sorte que les trois battoirs tombent *successivement*, et qu'aussitôt qu'ils sont tombés, chacun d'eux se relève à l'instant de manière à ne pas entraver la marche du cylindre. Si l'on vient à donner le mouvement à tout le système, les cylindres, en tournant, entraînent la pièce plongée dans le bain de chlorure de chaux, en expriment la plus grande partie, et les marteaux viennent encore ajouter à cet effet mécanique. Le blanchiment est donc beaucoup plus prompt. En outre, il est plus parfait avec la même quantité de chlorure de chaux, que lorsqu'on immerge simplement la toile dans des bacs en pierre. Au bout de quelques minutes, on fait passer la pièce entre les deux cylindres d'un appareil en tout semblable au précédent, seulement le réservoir placé sous les cylindres renferme de l'eau acidulée très étendue; là, se reproduisent le même travail et les mêmes résultats satisfaisants ; c'est à dire économie de temps et de main-d'œuvre. Sept ou huit appareils semblables aux précédents sont ainsi rangés sur une même ligne, et l'étoffe, après en avoir franchi 2, 4, 6 ou 8, suivant sa nature, sort parfaitement blanche ; ou la porte tout de suite au dash-wheel qui lui enlève, par un bon rincage, les dernières

traces de sulfate de chaux, de chlore et d'acide qu'elle pourrait encore contenir.

Quel que soit le mode de blanchiment employé, et quelque soin que l'on apporte à ce blanchiment, il reste toujours certaines taches qui ont résisté à toutes les opérations précédentes; on est donc obligé, dans toutes les blanchisseries, de faire reprendre les pièces par des femmes qui les visitent et qui en nettoient au moyen du savon les parties encore sales ou colorées.

3392. Les toiles blanches rincées, et dont on a exprimé tout le liquide, doivent encore être desséchées. Dans les usines bien montées, cette dessiccation s'opère dans des séchoirs chauffés, soit par un courant d'air chaud, soit par des tuyaux où circule la vapeur; cette méthode doit être absolument préférée aux séchoirs à air libre, dans toutes les usines dont le travail un peu important exige une circulation des toiles blanchies qui soit prompte et indépendante de toute influence atmosphérique. Pour plus de promptitude encore, on a essayé, mais nous ne sachions pas qu'on ait continué de le faire, de sécher la toile en quelques minutes, en la faisant passer sur des cylindres métalliques chauffés intérieurement.

Si ce système n'a pas réussi, cela tient à l'imperfection des appareils employés; en effet, on se contentait souvent d'introduire, dans l'intérieur des cylindres, des masses de fer rougi qui chauffaient trop d'abord, puis ensuite trop peu, et qui ne pouvaient donner qu'un travail irrégulier et imparfait.

Nous ne doutons pas que l'on ne puisse, avec des cylindres sécheurs aussi bien établis que ceux qui sont employés dans les machines à papier, obtenir des résultats satisfaisants. Il est même probable qu'en adaptant sur des cylindres chauffés à la vapeur des presses cylindriques, on arriverait à opérer d'un seul coup la dessiccation et l'apprêt que

certaines toiles exigent également, mais qui fait l'objet d'un travail à part.

3393. Ordinairement, après la dessiccation, les toiles sont flambées soit à l'alcool, soit au gaz, pour faire disparaître tous les filaments qui en hérissent la surface.

Les toiles de coton blanchies reçoivent d'ailleurs, avant d'être livrées à la consommation, des apprêts différents, suivant les usages auxquels elles sont destinées.

L'apprêt des étoffes se fait ordinairement dans des établissements spéciaux ; cette opération consiste à donner aux tissus de coton plus de corps et plus d'éclat en les immergeant, ou plutôt en les pétrissant avec un empois composé avec de l'amidon de blé, de l'alun et du sulfate d'indigo destiné à azurer l'étoffe. La pièce étant bien imprégnée d'apprêt, on la passe entre deux cylindres en fonte qui lui enlèvent la partie surabondante ; puis on la porte sur un métier qui en saisit les deux bords, et qui les tient écartés, pendant qu'un ventilateur placé au-dessus, souffle sur l'étoffe l'air échauffé de la chambre. La dessiccation étant opérée, on plie la pièce et on la soumet à une pression assez énergique entre des cartons d'une forte épaisseur.

Il existe plusieurs sortes d'apprêts ; les uns donnent de la raideur à l'étoffe ; les autres, tout en lui donnant de la fermeté, ne lui ôtent pas une certaine souplesse ; dans quelques uns la gomme arabique ou la dextrine sont employées.

Dans quelques manufactures anglaises, on fait usage d'un apprêt qui consiste à imprégner l'étoffe d'une bouillie de terre de pipe et d'amidon, et à passer le tout sur un cylindre chaud. Ce mélange remplit les vides de la toile et lui donne un coup d'œil propre à faire entière illusion à l'acheteur ; mais au premier rinçage la poudre interposée disparaît, et il ne reste qu'un tissu à larges mailles.

## De la fabrication du papier.

3394. Les tissus végétaux et la cellulose qui les constituent viennent former, comme on sait, la base de la fabrication du papier, quand ils sont mis par l'usage hors d'état de servir sous leur forme première. Tant que les filaments naturels, produits par la cellulose, conservent quelque chose de l'arrangement fibreux qu'ils offraient dans le végétal, ou qu'on leur a donné par la filature, ils ne constituent pas une bonne pâte à papier. Celle-ci doit offrir une contexture telle que les fibrilles qui s'y trouvent encore soient dirigées dans toutes sortes de sens, indifféremment.

Une bouillie de cellulose coulée en couche mince, débarrassée d'eau, pressée et séchée fournit donc, en définitive, une feuille de papier.

Pour que ce papier puisse recevoir l'écriture, il faut en outre qu'il soit rendu convenablement imperméable. On y parvient en le pénétrant de gélatine et d'alun, ou bien de colle d'amidon et d'un savon résineux.

Ainsi donc, une feuille de papier sans colle n'est qu'une lame mince formée de cellulose, réduite en fibres courtes, enchevêtrées dans tous les sens. Le collage du papier, sa coloration, et l'addition des matières qui servent à en augmenter le poids, sont autant de particularités que nous étudierons, tout en nous occupant du fond de la fabrication elle-même.

On amène les filaments végétaux, déjà plus ou moins altérés qui constituent les chiffons, à un état de désagrégation uniforme par deux moyens. L'un, qui repose en partie sur une espèce de fermentation, est encore en usage dans les anciennes fabriques; l'autre, qui a pour base l'emploi de moyens purement mécaniques, est employé exclusivement dans les fabriques modernes.

3395. *Papier à la forme.* Dans les fabriques, peu nombreu-

ses, maintenant, qui font encore usage de l'ancien système, on reçoit le chiffon brut, on le coupe, et on le trie pour assortir les qualités identiques. On entasse ensuite chaque sorte dans une salle humide, et on arrose les tas de temps en temps. Bientôt les tas s'échauffent, et vers leur centre, la température s'élève au moins à 30 ou 40°. Si on ne la surveillait pas, elle pourrait certainement aller au delà, et monter au degré nécessaire pour produire une altération profonde, une véritable carbonisation du chiffon. Quand l'opération est bien conduite, la température se maintient à peu près uniforme dans toute la masse. Au bout de quelques jours, des champignons se développent çà et là sur les tas ; le liquide qui les humecte, qui d'abord était acide, devient alcalin ; une odeur ammoniacale se fait sentir.

Au bout de trois semaines, ce pourrissage est terminé. Son effet consiste sans doute à détruire ou à rendre soluble la plupart des matières qui accompagnaient la cellulose. De plus, il altère la cellulose elle-même, ou du moins il tend à désagréger les fibres qu'elle constitue. Poussé trop loin, il produit cette désagrégation à un tel degré que le papier fabriqué s'en trouve trop affaibli. Aussi dans les fabriques où le pourrissage s'est conservé, a-t-on soin d'en diminuer la durée, et de confier à l'action des machines divisantes une partie de l'effet qu'il était chargé de produire.

Le chiffon pourri est soumis à l'action d'un foulon ou bien à celle d'un autre appareil propre à le diviser que nous ferons connaître plus en détail dans l'article suivant. On le blanchit au moyen du chlorure de chaux ou du chlore, et on le porte dans les cuves où il doit être façonné en feuilles.

L'ouvrier, chargé de fabriquer les feuilles, agite le liquide où le chiffon divisé nage de façon à former une bouillie uniforme. Il y plonge un cadre en bois dont le fond est garni par un tamis en fils métalliques. Quand il juge que son tamis renferme une quantité de liquide suffisante, il le retire de la cuve, et il laisse écouler l'eau, en ayant

soin que, pendant l'espèce de filtration qu'elle subit, la pâte de papier se distribue également sur le tamis métallique. Au bout de quelques instants, la feuille de papier possède assez de consistance pour être transportée sur un morceau de drap. On en met un autre par dessus ; à celui-ci succède une autre feuille de papier qu'on recouvre d'un nouveau drap, et ainsi de suite. On presse le tout, et quand le papier a perdu ainsi la plus grande partie de son eau, on retire les feuilles, et on les met en tas pour les presser de nouveau. On répète ces pressages, en ayant soin de changer le sens des feuilles les unes à l'égard des autres. En même temps, on les débarrasse de toutes les impuretés qui salissent leur surface, soit au moyen du grattoir, soit à l'aide de pinces fines. Enfin, on les sépare, et on les étend dans un séchoir à l'air où leur dessication s'achève lentement. Comme la feuille subit un retrait de $\frac{1}{32}$, elle goderait infailliblement si sa dessiccation était trop rapide.

3396. Ainsi préparé le papier n'est pas collé. Il boit l'encre et tous les liquides aqueux.

Pour le coller, on prépare de la colle de peau, c'est à dire une dissolution de gélatine et de chondrine, à laquelle on ajoute de l'alun. Ce sel précipite la chondrine, et donne par là une consistance plus épaisse à la dissolution gélatineuse. On trempe les feuilles dans le liquide ainsi préparé, et on les reporte au séchoir. Pourvu que leur dessiccation s'y fasse lentement, elles en sortent très bien collées. M. Payen a fait remarquer, qu'après l'action du grattoir, le meilleur papier boit toujours, et qu'une dessiccation rapide empêche l'effet du collage. Il tire de ces deux faits la conclusion que le collage du papier dépend surtout de cette action capillaire qui tend sans cesse à ramener à la surface de la feuille, à mesure qu'elle se dessèche, les liquides qui sont dans l'intérieur. De telle sorte, que la colle se rassemble peu à peu à la surface, et qu'une quantité de colle très insuffisante, s'il s'agissait de rendre la masse du papier

imperméable, devient tout à fait suffisante quand elle est réunie tout entière ou en grande partie à la surface même du papier, qu'elle protège contre la pénétration de l'encre.

Pour coller le papier uniformément, il faudrait donc augmenter beaucoup la proportion de gélatine et d'alun, mais alors le papier en deviendrait transparent et cassant. Si l'on tente de rendre la dessiccation du papier rapide, on est donc arrêté par cette difficulté grave, ou bien il sera mal collé, ou bien il sera doué d'une transparence fâcheuse. Voilà par quels motifs la fabrication du papier continu a dû nécessairement amener à faire usage d'un nouveau système de collage qui s'y rattache étroitement.

Le papier à la forme aurait disparu tout à fait, sans doute, sans cette circonstance; mais son collage spécial lui assure quelques avantages, et jusqu'ici, il est seul propre à la fabrication des registres qui veulent un papier fort et durable, susceptible d'éprouver des maniements répétés sans se gercer ni se casser. Les papiers pour dessins et lavis ne peuvent être obtenus que par ce procédé, s'il s'agit du moins de papiers pourvus de toutes les qualités qu'on y recherche. Enfin, jusqu'ici, les papiers destinés au timbre et aux actes durables, ont été avec raison choisis parmi les papiers à la forme exclusivement.

Parmi les motifs de cette préférence, il faut indiquer l'emploi presque absolu des chiffons de chanvre ou de lin dans la fabrication du papier à la forme, tandis que le coton entre en proportion plus ou moins forte dans la fabrication du papier continu, dans la plupart des cas.

3397. *Papier mécanique.* Le papier mécanique, ou papier continu, est celui qu'on obtient au moyen des machines si parfaites maintenant, dont la première idée date de 1799, époque à laquelle parut le premier essai de ce genre dû à Louis Robert, employé de l'ancienne papeterie d'Essonne.

Les matières premières qui servent à la fabrication du papier continu sont, comme à l'ordinaire, les chiffons de

toute nature; cependant si les chiffons de chanvre et de lin donnent un papier beaucoup plus nerveux que ceux de coton et susceptible d'être bien mieux collé que lui, il n'est pas moins très souvent nécessaire d'employer du coton dans la fabrication du papier. On le mêle alors avec les chiffons de toile les plus durs et les plus grossiers, que sans cela il serait impossible de travailler sur la machine. Ces chiffons donnent une telle cohésion aux fibres du papier qu'on ne peut en égoutter l'eau sur la toile métallique; le papier en paraît comme écrasé. On emploie aussi le coton en quantité plus ou moins grande, et très avantageusement, dans les papiers pour impressions ou pour lithographie, qui doivent être mous, ainsi que dans les papiers épais; il leur donne de la blancheur, de la douceur au toucher, et un aspect agréable. Du reste le coton dans beaucoup de circonstances active le travail. Ainsi tel chiffon de fil qui pourrait donner 6 à 700 kilog. de papier par jour et par machine, en donnera 800, et même 1,000, par la seule addition de 10 ou 15 pour 100 de coton. Cet avantage est mis à profit toutes les fois, qu'au jugement du fabricant, l'addition du coton ne nuit pas à la qualité du papier, c'est à dire qu'il l'est bien souvent sinon toujours.

Les chiffons moitié fil et moitié laine, connus sous le nom de harbelines, sont aussi employés, mais pour les papiers les plus grossiers. Comme on ne blanchit jamais ces chiffons, le produit garde sa couleur, et de plus il est très rude au toucher; on n'en fait guère que du papier d'emballage, et quelques rouleaux pour l'impression, qui, avant de servir, sont couverts d'un fond. Dans quelques fabriques on enlève complètement la laine au moyen d'une lessive alcaline forte, et le fil seul est employé.

Les chiffons que reçoit la fabrique peuvent presque toujours se classer en trois qualités différentes : les blancs, les demi-blancs, les noirs. Ils proviennent d'un premier triage

que le chiffonnier exécute lui-même. Au reçu des chiffons, s'ils sont parfaitement secs, ils sont immédiatement pesés et placés dans un magasin divisé en trois compartiments. Ce magasin doit autant que possible être séparé du reste des bâtiments, de peur d'incendie; c'est pour cela que l'emplacement ne se trouve pas dans le plan général de l'usine dont nous avons donné les dessins. Les chiffons, au fur et à mesure des besoins, sont portés à l'atelier de triage.

L'atelier de triage est une grande salle (*voyez* l'atelier *m* dans la coupe générale) renfermant des caisses à compartiments, destinées à recevoir les subdivisions des chiffons. Cet atelier est divisé en trois parties, l'une pour les chiffons blancs, la seconde pour les demi-blancs, la troisième pour les noirs.

Voici un tableau qui indique la division des chiffons et la proportion de chaque division. Les numéros les plus forts indiquent les chiffons les plus grossiers.

| | CHIFFONS BLANCS. | | CHIFFONS DEMI-BLANCS. | | CHIFFONS NOIRS OU SAXES. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Rend. p. % | | Rend. p. % | | Rend. p. % |
| CHIFFONS DE FIL. | N° 1 et coutures | 2 | N° 3 et coutures | 4 | N° 3 et coutures. | 2 |
| | N° 2 beau et coutures. . . . . | 28 | N° 4 gros et coutures . . . | 36 | N° 4 et coutures. | 3 ½ |
| | N° 2 ordin. et coutures. . . . . | 22 | Gris N° 1 . . . | 37 | Gris N° 1. . . . | 3 ¼ |
| | N° 3 beau et coutures. . . . . | 7 ¾ | Gris N° 2 . . . | 9 | Gris N° 3 ou gris Saxe. . | 12 ½ |
| | N° 3 ordin. et coutures . . . . | 8 | Grosses toiles bleues. . . | 1 ½ | Bleu foncé. . . | » ½ |
| | N° 4 . . . . . | 12 ½ | ½ bleu . . . . | 2 | Fines toiles bleues. . . . | 14 ½ |
| | Toiles neuves . . | » ½ | Couleurs pâles.. | 3 | Grosses toiles bleues. . . . | 9 |
| CHIFFONS DE COTON. | Bonnets piqués. . | 1 ¾ | Rose pâle . . . | traces | Cotonnades bleues . . . . | 9 |
| | Cotons de bas. . . | 1 ¾ | Filets . . . . . | traces | Demi bleu. . . . | 10 ¾ |
| | Pieds de bas . . . | » ½ | Velours . . . . | traces | Couleurs pâles . | 5 ½ |
| | Gros cotons . . . | 3 ¾ | Harbeline color. | 1 | Roses pâles et foncés . . . . | 3 |
| | Calicots propres . | 3 | Harbel. bleue . | 1 ½ | Velours. . . . . | 1 ½ |
| | Calicots sales . . | 2 | Perte au triage. | 5 | Harbeline color. | 7 ¼ |
| | Couleurs pâles. . | 2 ½ | | | Harbeline blanc. | 2 ½ |
| | Demi-bleu. . . . | 1 | | | Perte au triage. | 14 ½ |
| | Perte au triage. . | 3 | | | | |
| | | 100 | | 100 | | 100 |

Comme on le voit d'après le tableau, les chiffons blancs sont formés des chiffons de fil et de coton les plus blancs et les plus fins ; s'il s'y trouve quelques chiffons de couleur, ils ont échappé au triage du chiffonnier.

Les demi-blancs sont principalement formés de trois numéros : le n° 4 gros et coutures, le gris n° 1, et le gris n° 2; chiffons tous très grossiers, et qui ont conservé la couleur du chanvre. Les autres numéros devraient se trouver dans les deux autres divisions, ils ont aussi échappé au premier triage.

Les chiffons noirs sont formés de chiffons de toutes les couleurs. Dans la perte est comprise la laine pure, qui se trouve pour 8 à 10 pour 100, mais qui ne sert pas : on la revend aux fabricants de produits chimiques.

Cette division assez grande de chiffons est très avantageuse, car plus on a de numéros plus on peut fabriquer d'espèces de papiers, et plus on a de débouchés. Un autre avantage qu'elle présente, c'est que lorsque les papiers fins ne sont pas demandés, par exemple, on peut, en mélangeant les chiffons fins avec d'autres qui le sont moins, fabriquer un papier à bas prix, et on est ainsi toujours sûr d'écouler ses matières premières.

3398. Les chiffons triés sont portés dans des greniers, divisés en compartiments. La première opération qu'on leur fait subir consiste ensuite à les faire passer à travers un cylindre légèrement incliné sur son axe et dont la surface est formée d'une toile métallique; comme ce cylindre analogue au débourbeur des betteraves, tourne sans cesse, les chiffons se dépouillent de leurs graviers et de leur poussière, et ils sortent par l'extrémité inférieure. On les prend au sortir du cylindre, et on les trie de nouveau pour voir si rien n'a échappé au premier triage

Le lessivage de ces chiffons se fait dans de grandes cuves (pl. 95) munies d'un double fond percé de trous, et chauffées à la vapeur; chaque cuve peut contenir 1,000 livres de chiffons qui y sont amenés par un canal G.

Pour 1,000 livres de chiffons on emploie 10 à 15 livres de soude pour les chiffons blancs, et de 15 à 20 livres pour les gris et noirs; bien entendu que chaque numéro est lessivé à part, le mélange ne se faisant que plus tard. Lorsque la dissolution de soude est versée sur le chiffon, on ouvre le robinet de vapeur, la pression force la lessive à monter à travers le tuyau central, elle se répand sur le chiffon et pendant quatre à six heures que dure l'opération elle fait sans cesse le même chemin, les chiffons sont donc dans les meilleures conditions pour être lessivés. Cette opération remplace en partie avantageusement le pourrissage des chiffons en usage autrefois, mais presque complètement abandonné depuis l'introduction des puissantes machines employées pour la trituration des chiffons.

Pour diviser les chiffons, on emploie l'appareil représenté dans la planche 78, dans lequel un cylindre armé de lames et tournant dans de l'eau, sans cesse renouvelée, les divise au passage et les agite violemment dans cette masse d'eau où ils se dépouillent de toutes saletés adhérentes.

Le défilage est l'opération peut-être la plus importante de la papeterie, de là dépend en effet la réussite du reste de la fabrication. Tout l'art consiste à ménager plus ou moins les chiffons, suivant qu'ils sont plus ou moins durs, ce que l'on fait avec la plus grande facilité, puisqu'on peut à volonté lever ou abaisser le cylindre armé de lames sur la platine : c'est dans la défileuse que s'opère le lavage du chiffon lessivé, et ce lavage pour être excellent, ne demande que l'attention d'un bon ouvrier. Si en effet le cylindre était appuyé dès le commencement sur la platine, le chiffon serait de suite coupé et ne pourrait plus être lancé contre les chassis à travers lesquels l'eau sale s'écoule. Si le chiffon est parfaitement lavé et ménagé, le blanchiment sera beaucoup plus facile, et le papier bien meilleur et bien plus nerveux. Pour résumer la théorie du défilage, on peut dire qu'il faut que le chiffon soit réduit en charpie

et non pas découpé en petits morceaux ; les lames que portent la platine et le cylindre devant servir de doigts qui arrachent plutôt que de ciseaux qui coupent.

Quand le lavage est fini, on descend alors d'autant plus le cylindre sur sa platine, que le chiffon est plus nerveux, afin que le raffinage soit aussi égal que possible pour toutes les pâtes.

Les chiffons de coton sont ceux qui doivent être le plus ménagés, sans cela ils donneraient beaucoup de déchet. Le défilage dure ordinairement de deux heures et demie à trois heures et demie, suivant la dureté des chiffons. Pendant tout ce temps l'eau pure arrive sans cesse par un robinet dans la pile, et sort continuellement par deux toiles métalliques, l'une placée en avant du cylindre, l'autre en arrière. Le chiffon est sans cesse projeté contre elles.

3399. Le blanchiment se fait quelquefois dans la défileuse même, après le lavage; mais il est certain que c'est une très mauvaise méthode. La défileuse perd du temps, ce qui est fâcheux si la fabrique ne possède que la chute d'eau nécessaire, et de plus, avec la même quantité de chlorure de chaux, il est impossible de blanchir au même degré que par les méthodes dont il sera question plus loin, soit que le chlorure se trouve répandu dans une quantité d'eau trop grande, soit par tout autre motif.

Voici une méthode préférable : le chiffon est d'abord descendu dans des caisses munies d'un double fond en lattes, où on laisse égoutter la plus grande partie de l'eau; on le vide alors dans les cuves à agitateur pouvant contenir 200 livres de chiffons, soit deux pilées défilées.

Le chlorure est vidé sur le chiffon, et on les laisse de deux à trois heures en présence. Si l'on opère sur des chiffons blancs, le blanchiment se fait très facilement, et sur la fin de l'opération un demi-décilitre d'acide sulfurique suffit pour donner au chlorure tout son effet. Mais il en est autrement des chiffons colorés; on ne parvient à les bien

blanchir qu'en ajoutant de temps en temps, et pendant toute l'opération, une quantité d'acide qui va jusqu'à un litre pour les chiffons bleus par exemple. En faisant beaucoup d'attention à ce blanchiment, on parvient pourtant à blanchir les chiffons de couleur presque aussi bien qu'à l'aide du chlore gazeux.

Le chiffon blanchi est descendu dans d'autres caisses à double fond de lattes, où il est lavé à l'eau; on le laisse ensuite égoutter et on le place dans des carrés destinés à le recevoir.

PROPORTION DE CHLORURE LIQUIDE A 10° EMPLOYÉ POUR LES DIFFÉRENTES SORTES DE CHIFFONS POUR DEUX PILÉES SOIT 200 LIVRES DE CHIFFONS BRUT.

| Chiffons | litres. |
|---|---|
| N° 1 coton fin | 10 |
| N° 2 et calicots propres | 12 |
| N° 3 | 14 |
| N° 4 du blanc; calicots sales; gros coton | 16 |
| N° 4 gros | 18 |
| Gris N° 1 | 20 |
| Gris N° 2 | 24 |
| Gris Saxe | 26 |
| Couleurs pâles du blanc et du demi-blanc | 28 |
| Couleurs du Saxe; roses pâles; bleus foncés; velours | 32 |

Il est convenable dans tous les cas de blanchir les chiffons fins au chlorure de chaux liquide et non au chlore gazeux, ils sont bien moins altérés et donnent un papier plus nerveux, moins cassant, et susceptible de mieux coller; ces avantages sont plus importants que l'économie faible, vu la petite quantité de chlorure nécessaire que l'on obtiendrait en blanchissant au chlore.

C'est toute autre chose pour les chiffons de couleur et les

chiffons gris, grossiers, qui deviennent beaucoup plus blancs et donnent une grande économie étant blanchis au chlore gazeux. Les chiffons gris qui sont trop nerveux ne craignent pas d'être énervés.

Le blanchiment au chlore gazeux s'effectue toujours sur le chiffon trié, lessivé, défilé, puis mis en presse de manière à l'obtenir sous forme de plaques peu humides qu'on défait en petits fragments, et que l'on place dans de grandes caisses rectangulaires en bois où l'on fait arriver du chlore gazeux. Le chlore arrive par la partie supérieure des caisses; sa densité lui fait bientôt gagner les parties inférieures qui, en définitive, sont toujours les plus attaquées.

Quant on fait arriver le chlore provenant de 150 kilog. de manganèse et de 500 kilog. d'acide hydrochlorique sur 2500 kilogr. de chiffons en pâte supposée sèche, au bout de quelques heures l'action est complète; le chiffon est blanchi. Ces proportions varient suivant l'espèce de chiffon et la qualité du manganèse, mais on a remarqué que la quantité de chlore gazeux employée est égale à celle contenue dans la quantité de chlorure de chaux nécessaire pour la même qualité de pâte.

Mais, tout comme dans le blanchiment des toiles il est très facile de dépasser le terme convenable dans l'application du chlore, de même dans le blanchiment du papier ce terme peut être dépassé, et le chiffon en est tout à fait énervé. Il devient cassant et friable soit immédiatement, soit quelque temps après la fabrication du papier.

Les mêmes circonstances rendent nécessaire un lavage attentif des chiffons blanchis. Le chlore qu'ils retiennent se convertit bientôt en acide chlorhydrique, et ce dernier détruit peu à peu la fibre du papier. C'est lui qui, dans les imprimeries lithographiques, dénature la surface des pierres et produit ainsi de nombreux et graves accidents.

Il faut repousser de la consommation tous les papiers à réaction acide et tous ceux qui exhalent l'odeur du chlore.

Les uns et les autres sont des papiers mal lavés et condamnés d'avance à une destruction si prompte qu'il est facile de trouver aujourd'hui dans le commerce des livres imprimés depuis moins de dix années et dont le papier s'émiette au moindre effort.

3400. Les chiffons étant bien blanchis, on les porte, purs ou mélangés, 2 à 2, 3 à 3, dans les cylindres *raffineurs*. Les piles qu'on emploie sont semblables aux défileuses, sauf quelques modifications dans l'arrangement des lames du cylindre et de la platine. Au commencement du raffinage, le cylindre doit être élevé au dessus de la platine et maintenu ainsi jusqu'à ce que le lavage soit terminé; on l'abaisse alors peu à peu, on finit par le faire reposer tout à fait, et on le laisse dans cette position, jusqu'à ce que la pâte soit assez fine pour être travaillée. Quand elle est arrivée à ce point, on lève une soupape par laquelle la pile se vide dans la grande cuve servant de réservoir à la machine. Quand on veut que le papier soit collé, on verse la colle dans la raffineuse une demi-heure avant de lever la soupape, et l'alun un quart d'heure avant la même époque. Pour que le collage soit bon, il faut que les chiffons aient été ménagés à la défileuse et qu'ils soient parfaitement lavés. Les proportions employées sont de 8 à 12 livres de colle, préparée comme nous le verrons tout à l'heure, et de 4 à 6 livres d'alun; plus les chiffons sont fins, et plus aussi ils demandent de colle.

Ce nouveau procédé de collage est dû aux efforts persévérants et éclairés de la société d'encouragement. Quelques essais faits en Allemagne l'ayant mise sur la voie, elle fit elle-même de nombreuses expériences sur l'emploi des fécules et des savons résineux. Elle en transmit les résultats aux fabricants de papier; ils amenèrent M. Canson à régulariser et à rendre complètement pratique le procédé encore en usage aujourd'hui. Nous venons de dire que ce procédé repose sur l'emploi d'un savon résineux,

de la fécule et de l'alun. Voici comment on prépare ces produits.

Pendant huit heures on fait bouillir dans une chaudière en cuivre 300 livres de résine avec 180 litres d'eau ; quand la liquéfaction est complète on arrête le feu, et on ajoute une dissolution de 45 livres de sel de soude ; on recommence le feu, et on laisse à la combinaison le temps de s'opérer ; on ajoute alors peu à peu une dissolution qui peut varier de 20 à 45 livres de cristaux de soude, suivant la qualité de la résine, on chauffe alors jusqu'à l'ébullition. Quand la colle est terminée, c'est à dire quand toute la résine est saponifiée, ce qu'il est facile de reconnaître avec un peu d'habitude, on obtient pour les 300 livres de résine à peu près 550 à 600 livres de colle.

Dans un cuvier rond on dissout ensuite 180 livres de la colle fabriquée ci-dessus, on laisse reposer, on soutire au clair, et on tamise à travers une toile métallique excessivement fine dans un cuvier contenant 600 litres. On y ajoute 120 livres de fécule délayée dans de l'eau tiède, on remplit d'eau et on lâche la vapeur jusqu'à formation d'empois. Dans ces 600 litres d'eau, il y a donc 180 livres de colle brute et 120 livres de fécule ; chaque litre contient donc réellement

| | | lb |
|---|---|---|
| 180/600e de colle brute, | soit | 0,0 |
| 120/600e de fécule, | soit | 0,20 |
| | | 0,50 |

Quand on colle à 10 livres, par exemple, on met 20 litres de la colle fabriquée (pour 100 liv. de chiffons), et moitié de cette quantité en alun ; savoir 5 livres.

Il ne reste plus, après les opérations que nous venons de passer en revue, qu'à fabriquer le papier sur la machine.

3401. La grande cuve qui sert de réservoir à la pâte à papier (figurée en *e*, plan général) possède, comme on le voit dans la *fig.* 2 de la planche 80, un agitateur *a*, *a*, mu par un arbre en fer *b*, qui traverse un cône creux en fonte; un engrenage lui donne le mouvement dans la partie inférieure; un petit vase en bois *d*, fixé sur l'agitateur, reçoit de l'eau par un robinet et un petit tuyau *c*, *c*, qui en part, sert en même temps à donner de l'eau dans la grande cuve et à en laver le pourtour. Un tuyau partant de cette cuve conduit la pâte dans la cuve matière; cette cuve est munie aussi d'un agitateur qui délaie la matière dans l'eau nécessaire pour la fabrication. La pâte très liquide passe à travers un épurateur *d*, formé d'un grand nombre de barreaux placés à une très petite distance les uns des autres; les boutons, les graviers et autres corps sont retenus, et le chiffon très fin passe seul, et s'en va directement sur la toile métallique en passant sur une pièce de bois *e*, sur laquelle est cloué un cuir reposant sur la toile.

C'est sur la toile qu'un mouvement de va et vient fait osciller, que le papier s'égoutte. Cette toile métallique très serrée, formée de fils de laiton très fins, reçoit le mouvement continu de la presse *c*. Elle entraîne avec elle la pâte à papier, s'appuie successivement sur les petits rouleaux en cuivre creux *f*, *f*, puis, après avoir passé au dessus d'une longue boîte dans laquelle le vide se fait (*s*, *s*), elle passe entre les deux cylindres *q*, *q*, de la presse C; le papier la quitte, va s'appuyer sur un tissu de laine, qui le conduit sous la presse D. Il quitte bientôt ce tissu ou *flôtre*, pour passer sous une troisième presse E. Après cette troisième pression, le papier, déjà solide et privé de la plus grande partie de son eau, se sèche en passant successivement sur trois cylindres chauffés à la vapeur F, G, H; deux pressions 9 et 10 l'empêchent de se goder en séchant, et lui donnent une surface lisse. Après le séchage le papier s'enroule sur les rouleaux I.

3402. Les principales espèces de papiers sont : 1° Les coquilles ou papiers à lettre. 2° Les écoliers. 3° Les rouleaux pour l'impression de tenture. 4° Les papiers d'impression (sans colle). 5° Les emballages. 6° Les papiers d'affiche.

1° Les *coquilles* ou papiers à lettres sont les papiers les plus fins. Pour les préparer, le chiffon doit être très ménagé dans la défileuse, et battu bien plus court dans le raffinement; il doit surtout être exempt de boutons. Il faut de grands soins, parce que ce papier est très mince, et que par cette raison le chiffon doit en être très court. Outre les coquilles blanches on en fait de toutes les nuances. En travaillant bien on ne fait pas plus de 600 à 700 kilogr. de papier à lettre par jour (de vingt-quatre heures) et par machine. On fait trois qualités de coquilles de toute couleur, le n° 0 le plus fin, le n° 1 et le n° 2. Ce papier est celui qui est le plus difficile à bien coller. Le papier coquille très mince prend le nom de *pelure*.

2° Le *papier écolier* doit être le plus ménagé après le précédent; cependant on peut en faire au moins 700 kilog. par jour et par machine en travaillant bien.

3° Les *rouleaux de tenture* étant ordinairement assez épais, peuvent être fabriqués avec moins de ménagements que les précédents; dans une bonne journée on peut en fabriquer 7, 8, et même 900 kilogr. par jour. On a pu aller quelquefois à 1,200 kilogr. par jour et par machine.

Ces rouleaux ont principalement leur consommation à Paris; on les fait de 18 pouces et demi et de 21 de large sur 27 pieds et demi de long.

4° Les *papiers d'impression* sont les plus faciles à fabriquer, puisqu'on n'a pas à s'occuper du collage; pour peu que le papier soit épais on peut en fabriquer autant que des rouleaux. On emploie dans ces papiers avec avantage, mais non sans inconvénients, des chiffons de coton et des chiffons

de couleur blanchis, en plus grande quantité que dans les rouleaux et dans les papiers pour écoliers.

5° Les *emballages* se fabriquent avec les gros bleus très grossiers et non blanchis, et avec les chiffons moitié laine, moitié fil; les premiers sont excellents, très nerveux, et se collent parfaitement. On produit en moyenne 1,000 kilog. par jour.

6° Les *affiches* sont les papiers les plus minces; ils se font avec les chiffons gris très grossiers, et par conséquent très nerveux, blanchis. Ces papiers se colorent toujours soit en bleu, jaune, nankin, rose, vert, aurore, violet, etc. Ils exigent très peu de colle pour être parfaitement collées. (La fabrication moyenne est de 700 kilogr. par jour et par machine).

Ajoutons à ces espèces les plus communes les *papiers pour dessins et lavis* et les *papiers à registres*. Bien fabriqués ils offrent le type de la perfection que peuvent atteindre les papiers à la forme, obtenus avec le chanvre et le lin et collés avec la colle animale. Les premiers veulent un grain très soigné, les papiers à registre demandent une tenacité parfaite. Les uns et les autres exigent un collage très uniforme.

Les *papiers à calquer* s'obtiennent aussi avec du chanvre ou du lin, mais ces matières sont employées à l'état de filasse sans pourrissage ni blanchiment préalable. Il en résulte une pâte qu'on nomme *verte*, qui fournit un papier transparent dont la dessiccation se fait en presse entre deux feuilles de papier gris. On prévient ainsi le retrait qui les ferait goder ou friser.

En passant la filasse au chlore, elle perdrait de sa transparence et donnerait un papier analogue aux billets de banque.

3403. Depuis quelques années on a essayé avec un succès malheureux l'introduction, dans la pâte du papier, de quel-

ques matières minérales blanches à bon marché, propres à augmenter son poids et à lui donner une belle blancheur mate et opaque. Le sulfate de chaux pur, naturel ou artificiel, et même le sulfate de plomb ont été mis en usage, et il paraît que la consommation du sulfate de chaux, pour cet objet, est devenue considérable. C'est un usage à proscrire par tous les moyens. Ces papiers sont toujours cassants et portent en eux-mêmes des causes d'altération et de destruction par l'humidité, dont on reconnaîtra trop tard toute l'énergie.

Nous ne parlons pas de l'emploi du sulfate de plomb qui offre des inconvénients de toute espèce. Il est honteux pour l'industrie des papiers que son emploi ait pu s'y introduire. Les estampes tirées sur papiers de ce genre noircissent bientôt à l'air, et même en portefeuille. Tous les papiers qui brunissent par les sulfures alcalins doivent être repoussés de la consommation.

Dans un but particulier, il est vrai, celui de la garantie contre les faux en écriture, on a proposé d'introduire dans la pâte du papier, du cyanoferrure de manganèse. Ce sel, qui est blanc, présente en effet des propriétés très remarquables. Le chlore, l'acide nitrique, les alcalis, mettent à nu de l'oxyde de manganèse qui brunit. Les acides non oxydants produisent à ses dépens de l'acide hydro-ferrocyanique qui bleuit bientôt à l'air. Ainsi, la plupart des réactifs capables de détruire l'encre ordinaire, font apparaître des taches sur ce papier. On peut néanmoins, par des moyens convenables, effacer toute l'écriture en encre ordinaire sur un pareil papier, sans agir sur le cyanoferrure de manganèse qu'il renferme.

On a proposé, dans le même but, de faire entrer dans la pâte du papier un peu de cyano-ferrure de potassium. Ce sel agirait en convertissant le fer de l'encre en bleu de Prusse, un peu plus difficile à détruire que l'encre elle-même. Mais ce procédé, comme le précédent, amène ce

résultat imprévu et singulier que le papier en devient combustible comme de l'amadou. Il faut donc proscrire toutes ces additions.

Toujours dans le même but, on a introduit dans le papier de la craie. Elle altère beaucoup l'aspect agréable du papier, et de plus, elle offre de graves inconvénients par ce motif qu'une multitude de chances très naturelles et fort innocentes, peuvent mettre le papier en contact avec des acides qui dissoudront le carbonate de chaux, et qui simuleront une tentative de faux.

3404. Les papiers blancs demeurent rarement dans leur couleur naturelle, et presque toujours ils sont azurés.

L'azurage se fait avec l'azur proprement dit, ou bleu de cobalt, l'outremer artificiel, le bleu de Prusse, ou les sels de cuivre.

L'azurage au cobalt se reconnaît en ce que, généralement, la feuille est plus colorée d'un côté que de l'autre, la grande densité du bleu d'azur l'ayant amené en plus grande proportion dans la partie inférieure de la feuille pendant la fabrication. Ces papiers ne sont décolorés ni par les alcalis, ni par les acides, ni par l'eau. Incinérés, ils laissent un résidu capable de colorer en bleu le borax en fusion.

Les papiers azurés à l'outremer se décolorent subitement quand on les plonge dans l'acide sulfurique faible; il se dégage une odeur très sensible d'hydrogène sulfuré.

Les papiers colorés en bleu de Prusse résistent aux acides faibles, mais une dissolution de potasse les décolore tout à coup, et la liqueur filtrée, concentrée et neutralisée, régénère du bleu de Prusse par l'addition d'un sel de peroxyde de fer.

Enfin, l'azurage aux sels de cuivre se reconnaît sans peine, car les papiers ainsi fabriqués prennent, par le seul contact d'une dissolution de cyano-ferrure de potassium,

la teinte pourprée qui accuse la présence des sels cuivreux. Il est d'ailleurs facile de retrouver l'oxyde de cuivre dans leurs cendres.

Le collage des papiers offre des traits non moins caractéristiques. Les papiers collés à la fécule bleuissent sur le champ, quand on les touche avec une dissolution aqueuse d'iode; phénomène que ne présentent jamais les papiers collés à la colle animale.

3405. Il est, au contraire, très difficile, sinon impossible, de reconnaître la nature des fibres végétales qui ont servi à la fabrication du papier. De l'examen de papiers faits avec du chiffon de chanvre pur; avec du chiffon de lin pur; avec des mélanges des deux; enfin avec des mélanges de ces chiffons en diverses proportions avec des chiffons de coton, il résulte que le microscope, qui seul pourrait démêler la nature de ces matières premières, laisse des chances d'erreur qui ne permettent pas la moindre confiance. Les opérations mécaniques nécessaires à la fabrication du papier, ont tellement divisé les filaments qu'il n'y a plus moyen de retrouver leur contexture initiale, si peu différente d'ailleurs dans ces divers produits.

Quand on fait intervenir des matières animales dans la fabrication des papiers, comme on l'a fait pour les vieux cuirs dans quelques fabriques, ces additions sont faciles à reconnaître par la proportion d'ammoniaque dégagée à la distillation par ces papiers, ainsi qu'à leur solubilité partielle dans la potasse ou la soude caustique.

## CONSERVATION DES BOIS.

3406. On peut mettre au premier rang, parmi les questions les plus importantes d'économie publique, le problème de la conservation des bois : et au moment où plusieurs causes graves tendent à en diminuer la production, tandis que la consommation en augmente sans cesse, on est heureux de

pouvoir présenter des faits qui démontrent la possibilité de prolonger beaucoup la durée du bois de travail.

On a vu que dans toutes les plantes la cellulose pure ou incrustée est toujours accompagnée parmi quelques autres principes immédiats d'une substance azotée soluble ou douée de peu de cohésion. Cette substance entraîne par son altération spontanée la désagrégation et la décomposition des matières voisines, et peut d'ailleurs exciter, à l'aide de la chaleur, de l'air et de l'eau, une véritable fermentation.

On la retrouve dans la sève ascendante de tous les végétaux, liquide facilement altérable comme on sait, et qui, rapproché à siccité, puis soumis à la calcination, donne toujours d'abondants produits ammoniacaux.

Cette matière organique azotée est sans aucun doute une des principales causes de l'altération des bois, d'où il résulte que les principaux moyens de conservation des débris animaux doivent s'appliquer également à conserver les produits végétaux; il sera facile de se convaincre qu'il en est ainsi en examinant la liste des principaux agents de la conservation des bois.

Enfin, il est permis d'admettre que les substances azotées offrent un aliment qui contribue à déterminer l'invasion des insectes dans les tissus végétaux, et l'on concevrait ainsi que pour atteindre ces substances disséminées dans une grande masse de tissu végétal, ils devraient opérer le broyage ou la dislocation d'un énorme volume de la masse ligneuse. Les agents chimiques qui contractent ou rendent inerte la matière azotée des végétaux en s'y combinant, doivent donc nuire aux insectes qui sont des êtres très azotés eux-mêmes, soit en réagissant sur eux, soit en empoisonnant leur nourriture; l'expérience répond encore affirmativement à cet égard.

3407. En passant en revue les agents ou moyens qui déterminent la conservation des bois, nous citerons plu-

sieurs faits pratiques qui prouvent leurs propriétés préservatrices.

*Cohésion.* On sait qu'une cohésion forte rend les corps organisés capables d'opposer des obstacles considérables aux réactions chimiques qui pourraient s'effectuer entre leurs éléments et les agents extérieurs ; c'est ainsi que parmi les substances organiques quaternaires, les cornes, les poils, l'ivoire, résistent longtemps aux réactions de ce genre. Parmi les produits ternaires de l'organisation végétale, la cellulose épaisse et compacte du bois d'acacia, des noyaux de dattes et du phytelephas, offre une grande stabilité dans des circonstances où la plupart des bois ou des tissus végétaux moins durs, cèdent promptement aux mêmes influences de destruction.

La plupart des agents de la conservation des bois opèrent donc un effet utile en augmentant la cohésion de la masse ligneuse, indépendamment des qualités spéciales que peuvent offrir les composés qu'ils forment avec les matières organiques.

*Dessiccation graduée, ventilation.* Les constructeurs, les menuisiers, ébénistes, etc., savent bien que les bois desséchés assez lentement pour avoir subi un retrait convenable sans s'être fendillés, se conservent mieux ensuite et sont moins sujets à de grandes variations de volume ; c'est qu'alors ils sont réellement plus denses et par là même moins hygroscopiques.

L'aérage des pièces en bois dans les constructions prévient l'accumulation de l'humidité et de la chaleur qui les eût fait pourrir.

*Tannin.* Ce principe immédiat qui entre en combinaison intime avec différents produits des animaux (les peaux, la gélatine, l'albumine) conserve aussi les substances ligneuses ; il contribue sans doute par sa réaction sur la matière azotée à préserver d'altération le chêne maintenu immergé dans l'eau ; c'est probablement par une semblable

réaction qu'il prolonge beaucoup la durée des filets de chanvre, que l'on imprègne de temps à autre de sa solution.

*Huiles fixes et volatiles.* L'emploi si connu de ces huiles, notamment de l'huile de lin et de l'essence de térébenthine dans la peinture des bois et la résistance des portions superficielles qui en sont enduites, a prouvé depuis longtemps leur utilité : elles préservent fort bien aussi les fils, cordages et tissus.

*Résines.* Ces substances peuvent conserver les différents corps organiques qu'elles imprègnent, et les constructeurs savent que les plus résineux, parmi les pins et les sapins, sont aussi les plus durables.

*Créosote.* L'un des plus énergiques agents de la conservation de l'albumine, cette substance rend les bois qui en sont imprégnés très durs, et capables de résister à la pourriture comme aux attaques des insectes. Du moins dans les expériences faites en Belgique, en France et en Angleterre, les bois, ainsi préparés par M. Moll, ont-ils résisté aux plus rudes épreuves, notamment à l'action des *pourrissoirs* (1) et des *turets* (2).

*Acide pyroligneux.* Ce produit brut chargé de créosote, de *goudron* et d'acide acétique, peut être considéré comme le principal agent de conservation des viandes *fumées*, il est capable aussi, d'après les expériences de M. Boucherie, de préserver les bois de la pourriture.

*Goudrons.* Les faits nombreux observés dans la marine, relativement aux bois et cordages goudronnés, ne laissent aucun doute sur les propriétés conservatrices des goudrons, qui d'ailleurs renferment de la résine, des huiles pyrogénées, de la créosote, de l'acide acétique, etc.

*Sel marin.* Les propriétés antiseptiques du sel commun

(1) Fosses remplies de matières animales en putréfaction employées en Angleterre pour ces épreuves.

(2) Vers qui attaquent les bois dans les bassins de la marine.

sont évidentes par suite de l'énorme consommation qu'on en fait pour les salaisons des matières animales les plus putrescibles, tels que les intestins destinés à la confection des cordes harmoniques, les poissons, les viandes, peaux, etc. Relativement à l'objet particulier qui nous occupe, l'application non moins utile qu'en ont faite les Américains pour conserver les bordages de leurs navires, l'observation de M. Carny sur la conservation remarquable des bois de chêne et de sapin dans les puits de mines de sel, sur la durée des réservoirs et bordures de chaudières contenant les eaux salées, démontrent l'efficacité du chlorure de sodium pour conserver les bois.

Il en est de même des chlorures de calcium et de magnésium suivant les faits observés par M. Boucherie.

*Sulfate de fer.* Ce sel préserve le bois de la putréfaction, mais il peut occasionner la désagrégation des fibres ligneuses si l'on n'entrave cette action secondaire comme l'a fait M. Bréant, en infiltrant dans les mêmes bois un excès d'huile de lin.

*Pyrolignite de fer.* Employé avec un grand succès par M. Boucherie, ce produit renferme en effet la plus grande partie des agents préservateurs qui accompagnent l'acide pyroligneux, et de plus l'oxyde de fer qui est certainement capable aussi de défendre certaines matières organiques en s'unissant avec elles. Employé seul et à trop forte dose, le pyrolignite de fer pourrait augmenter un peu la combustibilité du bois. Une addition de sel marin, utile à d'autres égards, corrige cet inconvénient.

*Bichlorure de mercure.* Ce composé, dont l'efficacité est si remarquable dans son application à la conservation des cadavres et des pièces anatomiques, a été mis en usage avec un égal succès pour défendre les plantes dans les herbiers et le grandes collections contre la pourriture et les insectes; il suffit de plonger les pièces à conserver dans une solution qui en contienne 0,02 de son poids.

Les bois imbibés par un séjour d'une semaine dans une solution contenant 0,01 à 0,005 de bichlorure de mercure, ont résisté en Angleterre aux influences de l'humidité et de la température dans les charpentes et menuiseries des serres chaudes et tempérées : on les emploie préparés de la même manière pour les constructions navales.

*Acide arsénieux.* On a fait en Angleterre des expériences sur la conservation des bois par leur immersion dans une dissolution d'acide arsénieux; elles n'ont servi qu'à rendre évident le danger, facile à prévoir, de ce procedé. Les charpentiers qui se sont blessés en travaillant de tels bois, ont couru de graves périls.

*Phosphate et borate d'ammoniaque ou verre soluble.* M. Gay-Lussac a montré que les bois, les tissus et les papiers imbibés de solutions de phosphate ou de borate d'ammoniaque se charbonnent sans être enflammés directement. Le dernier sel serait aujourd'hui assez peu dispendieux pour quelques unes de ces applications; enfin, on se rappelle que M. Fusch a indiqué l'emploi du verre soluble pour le même usage.

3408. *Procédés de pénétration des bois.* Les enduits, peintures, immersions des bois, même en faisant usage des meilleurs agents de conservation, ne peuvent défendre qu'une faible portion de la masse ligneuse; plusieurs savants se sont occupés des moyens de rendre l'action plus complète en faisant pénétrer les bois dans une grande profondeur.

M. Bréant parvient à ce résultat à l'aide d'une pression plus ou moins forte opérée sur le liquide dans lequel les pièces de bois sont plongées en vase clos.

Le chêne et le sapin ainsi pénétrés jusque au cœur, ont montré surtout une grande résistance à la décomposition spontanée; outre les diverses expériences faites à ce sujet depuis 1831, on peut citer la parfaite conservation des

planches en sapin, imprégnées d'huile de lin siccative, qui ont été exposées à tous les accidents atmosphériques pendant six années sur le pont Louis-Philippe. Au bout de ce temps, toutes les planches non imprégnées du platelage étaient usées ou pourries.

Le procédé de M. Moll consiste à raréfier l'air dans les pores du bois par une injection de vapeur, puis à remplacer la vapeur par un liquide qui s'infiltre à la faveur du vide laissé pendant le refroidissement.

M. Boucherie a conçu l'ingénieuse idée de rendre plus économique la pénétration des bois en mettant à profit une force naturelle : la puissante aspiration qui conduit des racines aux feuilles la sève des arbres. Il s'est proposé de rendre le bois beaucoup plus durable, de lui conserver son élasticité, de le préserver des variations de volume qu'il éprouve par la sécheresse et l'humidité, de diminuer sa combustibilité, d'augmenter sa tenacité et sa dureté; enfin, de lui donner des couleurs et même des odeurs variées et durables : il est parvenu à réunir tout ou partie de ces propriétés nouvelles sur une même pièce de bois.

En effet, pour pénétrer de substances préservatrices, colorantes ou autres, un arbre tout entier, la force aspiratrice du végétal suffit : elle porte du tronc jusqu'aux feuilles, toutes les liqueurs que l'on veut y introduire, pourvu qu'elles soient maintenues dans certaines limites de concentration.

Ainsi, que l'on coupe un arbre en pleine sève par le pied et qu'on le plonge dans une cuve renfermant la liqueur que l'on veut faire aspirer, celle-ci montera en quelques jours jusqu'aux feuilles les plus élevées; tout le tissu végétal sera envahi, sauf le cœur de l'arbre et les nœuds qui, dans les essences dures et pour les pieds âgés, résistent toujours à la pénétration (1).

(1) M. Boucherie a constaté qu'un peuplier ayant 40 centimètres de

Il n'est pas même nécessaire que l'arbre soit garni de toutes ses branches et de toutes ses feuilles; un bouquet réservé au sommet suffit pour déterminer l'aspiration.

Il est inutile que l'arbre soit conservé debout, ce qui rendrait l'opération souvent impraticable; on peut l'abattre après en avoir élagué toutes les branches inutiles, et alors sa base étant mise en rapport avec le liquide destiné à l'absorption, celui-ci pénètre comme à l'ordinaire dans toutes les parties.

Enfin, il n'est pas même indispensable de couper l'arbre, car une cavité creusée au pied, ou un trait de scie perpendiculaire à l'axe qui divise celui-ci sur une grande partie de la surface de la base, suffisent pour qu'en mettant la partie entamée en contact avec un liquide, il y ait une absorption rapide et complète de ce dernier.

S'agit-il d'augmenter la durée et la dureté des bois, de s'opposer à leur carie sèche ou humide, il fait arriver dans leur tissu du pyrolignite de fer brut. Cette substance est parfaitement choisie, parce qu'il se produit de l'acide pyroligneux brut dans toutes les forêts pour la fabrication du charbon; qu'il est facile de transformer celui-ci en pyrolignite de fer en le mettant en contact, à froid même, avec de la ferraille, et qu'enfin le liquide ainsi préparé renferme beaucoup de créosote, substance qui, indépendamment du sel de fer lui-même, a la propriété de durcir le bois et de le garantir des pourritures qui l'attaquent, ainsi que des dégâts causés par les insectes dans les bois employés aux constructions.

diamètre à sa base, pouvait absorber 3 hectolitres de pyrolignite de fer à 8° en six jours; qu'un platane de 30 centimètres de diamètre avait absorbé 2,5 hectolitres de solution de chlorure de calcium en sept jours; qu'enfin, ce dernier liquide s'infiltrait plus rapidement que le pyrolignite, et qu'en général toutes les solutions neutres pénétraient en plus grande abondance que les solutions acides ou alcalines.

Aussi, des expériences authentiques exécutées dans les caves de Bordeaux sur des cercles préparés par M. Boucherie ont-elles constaté d'une manière irrécusable la plus grande durée des bois de châtaigner préparés par son procédé. Les cercles ordinaires tombaient en poudre au moindre effort au bout de six ou sept mois, quand les siens étaient encore aussi solides que le premier jour.

S'agit-il de s'opposer au jeu des bois, de leur conserver toute leur souplesse, de les rendre moins combustibles, M. Boucherie trouve dans l'emploi des chlorures terreux le moyen d'y parvenir à très bon marché. Les cercles en bois imprégnés de chlorure de calcium (en solution marquant 15° Baumé), se sont conservés dans les caves comme le bois imprégné de pyrolignite. L'eau-mère des marais salants, produit jusqu'ici sans valeur, possède aussi toutes les qualités désirables.

Les bois préparés par ces dissolutions salines, plus lourds à la vérité, conservent leur flexibilité au bout de plusieurs années d'exposition à l'air; en feuilles minces, ils peuvent être tordus en spirales et retordus ensuite en sens inverse, sans gercer. Exposés à l'air, ils ne se voilent pas et ne se fendent jamais, quelque sécheresse qu'ils éprouvent. Enfin, ils ne brûlent pas, ou du moins si difficilement, qu'ils sont incapables de propager aucun incendie.

3409. A ces grandes et utiles propriétés, que la marine et les constructions civiles et industrielles sauront apprécier et mettre à profit, M. Boucherie a pu joindre des applications qui, sans avoir une utilité aussi importante, promettent aux arts des matières nouvelles, des moyens nouveaux. Il colore les bois en nuances si variées et si curieusement accidentées, qu'on peut tirer un parti fort avantageux pour l'ébénisterie des bois les plus communs.

Le pyrolignite de fer infiltré seul, donne une teinte brune qui se marie très bien avec le ton naturel des parties trop serrées du bois où le pyrolignite ne pénètre pas.

En faisant succéder à l'absorption du pyrolignite celle d'une matière tannante, on produit de l'encre dans la masse du bois, et on le teint de la sorte en violet-noir ou en gris.

En faisant aspirer d'abord du pyrolignite de fer, et ensuite du prussiate de potasse, on produit du bleu de Prusse.

En introduisant successivement de l'acétate de plomb et du chrômate de potasse, il se forme du chrômate de plomb jaune.

En faisant pénétrer sur le même pied du pyrolignite de fer, du prussiate, de l'acétate de plomb, du chrômate de potasse, on produit des nuances de bleu, de vert, de jaune et de brun, qui réalisent les effets les plus variés.

Parmi nos bois, le platane est un de ceux qui se prêtent le mieux à ces jolies colorations, et qui produit les plus beaux effets dans le placage.

Ainsi, comme on voit, il n'est pas nécessaire de se borner à introduire un seul liquide, on peut successivement en faire passer plusieurs dans le même végétal, et produire ainsi toutes les modifications qu'on souhaiterait. Ces décompositions, capables d'engendrer des produits colorés si divers, peuvent être diversifiées en quelque sorte à l'infini. C'est au goût des consommateurs à en régler l'application; la chimie est assez riche en réactions de ce genre pour satisfaire les besoins et les caprices les plus exigeants.

Quant aux bois rendus odorants par des imprégnations de ce genre, c'est une application trop facile à comprendre

et trop limitée aux besoins du luxe pour entrer en parallèle avec les grandes applications que nous venons d'énumérer.

### ACIDE ULMIQUE.

3410. On a déjà vu (3137) comment M. Braconnot est parvenu à préparer l'acide ulmique artificiel, au moyen de l'action réciproque du ligneux et de la potasse en fusion. Cette expérience a provoqué de nouvelles recherches dues à M. Péligot.

On croyait que l'intervention de l'air était nécessaire pour la formation de l'acide ulmique artificiel, mais il n'en est rien. Qu'on mette dans un matras de la potasse et du ligneux humide avec quelques kilogrammes de mercure pour équilibrer la température et qu'on chauffe jusqu'à l'ébullition de ce métal, il se dégagera bientôt de la vapeur aqueuse, puis de l'hydrogène, et il se formera de l'acide ulmique.

L'acide ulmique ainsi préparé n'est pas d'ailleurs un produit constant. Si l'on chauffe peu, il est jaune ou brun; si on élève la température davantage, il est noir.

Il ne constitue pas le seul produit de la réaction à beaucoup près. Il se dégage des produits huileux, de l'esprit de bois, etc. Il se forme, en outre, du formiate de potasse, de l'oxalate et du carbonate de potasse qui dérivent du premier de ces sels par la décomposition de l'eau.

L'ulmate jaune et le formiate de potasse seraient donc les produits primitifs de la réaction; le dégagement d'hydrogène indiquerait la conversion du formiate en oxalate et en carbonate.

L'ulmate jaune se convertirait à son tour par une action

ultérieure de la chaleur en ulmate noir et en divers produits pyrogénés. Une température plus élevée encore donnerait du carbonate de potasse et du charbon.

L'acide ulmique jaune chamois s'obtient en chauffant deux parties de sciure de bois pour une de potasse, et en modérant la chaleur de manière à laisser une partie de la sciure inattaquée. On dissout l'ulmate de potasse dans l'eau et on précipite l'acide ulmique. On obtient ainsi un acide qui a pour composition :

| | |
|---|---|
| Carbone | 66,3 |
| Hydrogène | 6,2 |
| Oxygène | 27,5 |
| | 100,0 |

Ce corps rentre donc dans les matières incrustantes que M. Payen a retirées du bois par un procédé analogue.

Quant à l'acide ulmique noir, qui constitue le véritable acide, sa composition est tout autre. Il renferme, en effet,

| | |
|---|---|
| $C^{54}$ | 72,3 |
| $H^{28}$ | 6,1 |
| $O^{6}$ | 21,6 |
| | 100,0 |

L'ulmate d'argent a pour formule $C^{54} H^{28} O^{6}$, Ag O, et l'ulmate de potasse $C^{54} A^{28} O^{6}$, K O.

L'acide ulmique noir est le produit constant et dernier de l'action de la potasse sur toutes les variétés de matières ligneuses. Outre les propriétés qui lui ont été assignées (3138), M. Péligot a reconnu que l'acide ulmique donne des sels alcalins solubles dans l'eau pure, mais insolubles dans l'eau salée.

# CHAPITRE II.

## AMIDON, FÉCULES, DEXTRINE.

LEUWENHOEK : 1716, *Epistolæ physiologicæ*, p. 232.

VAUQUELIN et BOUILLON LAGRANGE, *Bulletin de pharmacie*, t. 3, p. 54, 216 et 395.

KIRCHOFF, *Journal de pharmacie*, t. 2, p. 250.

VAUQUELIN, *Ann. de ch.*, t. 38, p. 248.

THÉNARD et GAY-LUSSAC, *Recherch. phys. chimiques.*

TH. DE SAUSSURE, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 2. p. 387, et t. 11, p. 379 ; — *Bibl, britann.*, t. 56, p. 333.

MATHIEU DE DOMBASLE, *Ann. de ch. et de phys.*, t. 13, p. 284.

VOGEL, *Ann. de chim.*, t. 82, p. 148.

COLIN et GAUTHIER DE CLAUBRY, *Ann. de chim.*, t. 90, p. 92.

PELLETIER, *Bulletin de pharmacie*, t. 6, p. 289.

BERZÉLIUS, *Annales de chim.*, t. 95, p. 82.

DELARIVE, *Bibl. britann.*

COUVERCHEL, *Journal de pharmacie*, t. 7, p. 267.

BIOT et PERSOZ, *Mémoires de l'Institut et Journal des Savants*, 1833—1842.

LASSAIGNE, *Journal de pharmacie*, t. 5, p. 300, et *Ann. de chim.*, t. 53, p. 109.

DUBRUNFAUT, *Mémoire de la Société centrale d'agricult.*, 1823, p. 146, et *Journal l'Agriculteur manufacturier*, 1830.

RASPAIL, *Ann. des Sciences natur.*, t. 2, et *Ann. des Sciences d'observation*, t. 3, p. 216.

FRITZSCHE, *Ann. de Poggendorff*, t. 32, p. 291.

CAVENTOU, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 31, p. 337.

GUIBOURT, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 40, p. 183.

GUÉRIN, *Annales de chim. et de phys.*, t. 60, p. 32, et t. 61, p. 225.

DUMAS, *Ann. des Sciences natur.*, 1839.

JACQUELAIN, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 73, p. 167.

PAYEN, *Ann. de chim.*, t. 61, p. 365; t. 65, p. 225; et *Ann. des Sciences natur.*, 1839.

Lorsqu'on soumet la pomme de terre à l'action de la râpe, et qu'on lave la pulpe ainsi obtenue sur un tamis, l'eau qui s'écoule laisse reposer, au bout de quelques instants, une matière blanche qui se tasse au fond du vase, et qui y forme une couche cohérente et très facile à séparer de l'eau surnageante. C'est la fécule proprement dite.

La fécule est donc insoluble dans l'eau froide. Dans l'eau bouillante, elle semble se dissoudre, si l'eau est très abondante; elle fait empois s'il y a peu d'eau. Mise en contact avec une solution aqueuse d'iode, la fécule prend une belle teinte d'un bleu très intense. Elle est donc facile à reconnaître, partout où elle se rencontre.

Parmi les substances nombreuses qui fournissent de la fécule, il faut placer au premier rang les céréales d'où on retire, depuis si longtemps, l'espèce de fécule connue dans le commerce sous le nom d'amidon. Nous regarderons, sous le point de vue industriel, l'amidon et la fécule comme choses bien distinctes; mais, sous le rapport chimique, ces deux dénominations sont considérées comme synonymes.

Les propriétés physiques de l'amidon ayant été l'objet d'une étude très approfondie depuis que les recherches de M. Raspail ont attiré l'attention des observateurs sur ce sujet, nous consacrerons quelques détails à leur examen.

Nous considérons l'amidon comme étant formé de granules composés de couches concentriques, juxtaposées, d'une nature chimique semblable, mais bien différentes entre elles par leur cohésion plus faible au centre qu'à la surface.

### *Propriétés physiques.*

3411. L'amidon est la substance qui se rapproche le plus des membranes végétales; sa composition chimique est la même, mais sa faible agrégation facilite plusieurs transformations curieuses ou utiles dont nous rendrons compte; elle explique le rôle que ce corps joue dans la végétation.

L'amidon, en effet, est sécrété en plus ou moins grande proportion dans une foule de circonstances. Il est mis en réserve comme une matière propre à construire les membranes des cellules, et sert à alimenter leurs premiers développements quand la végétation momentanément arrêtée se ranime; nous dirons plus loin comment l'amidon qui est insoluble, peut néanmoins se dissoudre par le mouvement même de la végétation et passer alors au travers des cellules qui le renferment.

Les granules amylacés apparaissent globuleux, dès qu'ils sont perceptibles à l'aide des plus forts grossissements de nos microscopes. Leurs plus petites dimensions dans toutes les plantes sont probablement bien au dessous de celles que saisissent nos moyens d'observation; la substance qui les forme, faiblement agrégée alors, se gonfle graduellement par suite de l'introduction d'une plus grande quantité de substance amylacée dans l'intérieur du globule. Le passage de cette substance se fait dans les grains de tout âge par un conduit ou entonnoir, dont la section circulaire apparente à la superficie de chaque grain porte le nom de hile. Le hile était considéré autrefois comme un point d'attache.

Cet accroissement par intussuception semble être intermittent, car les couches concentriques, successivement déposées, possèdent des cohésions différentes qui expliquent les apparences de rides qu'on observe à l'extérieur des fécules. L'accroissement des granules d'amidon a d'ailleurs des limites qui dépendent sans doute de la dimension des

cellules ou de l'état hygroscopique du tissu qui rend leur substance plus extensible. Les plus grandes dimensions que les grains de fécule puissent atteindre dans plusieurs productions végétales, sont utiles à connaître ainsi que leurs formes habituelles; car ces caractères peuvent servir à distinguer entre elle les fécules amylacées de diverses origines : nous allons les indiquer.

3412. Le tableau suivant présente, d'après M. Payen, les fécules rangées suivant l'ordre de leur plus grande longueur, indiquée en millièmes de millimètres; on arriverait, comme nous l'avons dit, à les observer en quelque sorte punctiformes ou sans grandeur appréciable dans les cellules où leur substance commence à s'agréger.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Tubercules des grosses pommes de terre de Rohan | 185 |
| 2 | Racine de Colombo (*Menispermum palmatum*) | 180 |
| 3 | Rhizômes volumineux du *Canna gigantea* | 175 |
| 4 | — — du *Canna discolor* | 150 |
| 5 | — de *Maranta arundinacea* (*Arowroot* du commerce) | 140 |
| 6 | Plusieurs variétés de pommes de terre | 140 |
| 7 | Bulbes de Lis | 115 |
| 8 | Tubercules d'*Oxalis crenata* | 100 |
| 9 | Tige d'un très gros *Echinocactus erinaceus*, importé | 75 |
| 10 | Sagou importé | 70 |
| 11 | Graines de grosses fèves | 75 |
| 12 | — de lentilles | 67 |
| 13 | — de haricots | 56 |
| 14 | — de gros pois | 50 |
| 15 | Fruit du blé blanc | 50 |
| 16 | Sagou non altéré (fécule de la moelle fraîche du sagouier) | 45 |

| | | |
|---|---|---|
| 17 | Grandes écailles des bulbes de Jacinthe..... | 45 |
| 18 | Tubercules de Batates..... | 45 |
| 19 | — d'*Orchis latifolia et bifolia*..... | 45 |
| 20 | Fruit du gros maïs (blanc, jaune et violet)... | 30 |
| 21 | Fruit du sorgho rouge..... | 30 |
| 22 | Tiges volumineuses de *Cactus peruvianus*.. | 30 |
| 23 | Graine de *Naïas major*..... | 30 |
| 24 | Tige de *Cactus pereskia grandiflora*..... | 22,5 |
| 25 | Graine d'*Aponogetum distachyum*..... | 22,5 |
| 26 | Tige du *Ginkgo biloba* (*Salisburia adianthifolia* ..... | 22 |
| 27 | Tige de *Cactus brasiliensis*..... | 20 |
| 28 | Fruit du *Panicum italicum*..... | 16 |
| 29 | Graines de *Naïas major* à demi développées. | 16 |
| 30 | Pollen du *Globba nutans*..... | 15 |
| 31 | Tige du *Cactus flagelliformis*..... | 15 |
| 32 | Tige d'*Echinocactus erinaceus* (de serre)... | 12 |
| 33 | Pollen du *Rupia maritima*..... | 11 |
| 34 | Tige d'*Opuntia tuna* et *Ficus indica*..... | 10 |
| 35 | — d'*Opuntia curassavica*..... | 10 |
| 36 | Fruit du gros millet (*Panicum miliaceum*).. | 10 |
| 37 | Tige de *Cactus mamillaria discolor*..... | 8 |
| 38 | Ecorce d'*Aylanthus glandulosa*..... | 8 |
| 39 | Tige de *Cactus serpentinus*..... | 7,5 |
| 40 | Racine de panais..... | 7,5 |
| 41 | Pollen de *Naïas major*..... | 7,5 |
| 42 | Tige de *Cactus monstruosus*..... | 6,0 |
| 43 | Graine de betterave..... | 4,0 |
| 44 | Graine du *Chenopodium quinoa*..... | 2,0 |

(1) Quelques-unes des plantes désignées ci-dessus, surtout parmi celles qui sont cultivées dans nos serres, pourraient sans doute, par un plus grand développement encore, produire des fécules plus volumineuses; mais il est fort probable que la plupart des relations à cet égard continueraient de subsister entre elles.

On voit d'après ce tableau que la plus grosse fécule de la plus grosse variété de pomme de terre, du *Menispermum palmatum* et du *Canna gigantea*, possède en longueur une dimension une fois et demie plus forte que celle de l'amidon le plus gros de la graine de *fève* ou de *haricot*, et 90 fois la dimension de l'amidon de la graine du *Chenopodium quinoa*. Les volumes comparés des mêmes fécules présenteraient de bien plus énormes différences : considérés comme étant des sphéroïdes, les grains de la fécule de fève auraient un volume 420,000 fois plus grand que le volume de l'amidon de *quinoa* et celui des fécules de pommes de terre serait égal à 724,000 fois le même volume. Il est digne de remarque que plusieurs fécules de graines et de tiges soient moins volumineuses que celles qui sont contenues dans les grains de certains pollens.

3413. La plupart des fécules se présentent en grains à contours arrondis, lorsque leurs grains baignent dans un suc très aqueux. Mais s'ils sont assez nombreux et assez volumineux à la fois pour remplir plusieurs cellules contiguës; s'ils se trouvent comprimés les uns par les autres, ils affectent des formes polyédriques. Du reste, malgré une grande analogie apparente entre elles, malgré surtout de grandes variations dans les différents grains de chacune, la plupart des fécules ont véritablement une sorte de physionomie spéciale qui ne permet pas de les confondre.

Nous décrivons seulement ici la configuration de quelques fécules commerciales, parce que ce caractère peut servir à les distinguer, à constater même certains mélanges; on trouvera les détails relatifs aux autres fécules dans le Mémoire de M. Payen.

*Fécule de pommes de terre.* Cette fécule se distingue, surtout dans la variété dite de Rohan, par le fort volume de ses grains, par les formes des portions de sphéroïdes et d'ellipsoïdes qui les composent, enfin par la marque

du *hile* (1) et les traces ou lignes d'accroissement plus faciles à discerner que sur la plupart des autres fécules. Quelques déchirures s'observent sur les grains vieux ou très volumineux, qui se rencontrent surtout dans les tubercules arrivés au maximum de leur développement; ces déchirures anguleuses partent généralement du *hile*.

*Fécule du Sagouier*. Le sagou du commerce nous arrive en globules légèrement fauves ou blancs; ce sont des agglomérats roulés, composés d'un grand nombre de grains de fécule. Ceux-ci, pour la plupart, offrent certaines modifications de forme ainsi que la dilatation du hile, qui résultent de l'élévation de la température, lors de leur préparation. On peut reconnaître sur plusieurs aussi les effets de la présence de l'eau, au moment du traitement à chaud; cette dernière réaction est surtout indiquée par les formes de la fécule de sagou blanc. Ces caractères semblent mettre en évidence la préparation à chaud jusqu'ici contestée du sagou.

La fécule, extraite à l'état normal de la moelle du sagouier, cultivé au Jardin du Roi, a présenté une configuration remarquable : beaucoup de grains affectent sensiblement, dans la moitié de leur volume, la forme d'un hémisphère, tandis que l'autre moitié du même grain est polyédrique, souvent à six faces latérales aboutissant à une face courbe hexagonale. Cette configuration tient évidemment à la pression qu'ont exercée les uns sur les autres les grains se développant en contact.

*Amidon des cotylédons de Fèves*. Les grains de cet amidon se distinguent de tous les précédents par les bords généralement sinueux de leurs projections, par les ondulations marquées de leur surface, par la difficulté d'apercevoir, directement du moins, leurs lignes d'accroissement, bien

(1) Ce mot ne désigne plus un point ombilical d'attache, mais bien le trou par lequel la substance amylacée s'est introduite.

que l'on parvienne à discerner près de leurs bords deux ou trois épaisseurs apparentes, et encore par l'absence du hile tout au moins invisible, enfin par la dépression inégale ou l'aplatissement de tous les grains volumineux.

Dans les fèves volumineuses presque mûres, on trouve des grains d'amidon, parmi les plus gros, qui sont sinueux et contournés en demi-arc de cercle, ou terminés par un crochet, ou même encore bifurqués irrégulièrement.

L'amidon des cotylédons de pois (*Pisum sativum*) et celui des haricots ont des conformations analogues.

*Amidon des Blés durs et tendres.* L'examen attentif de l'un des beaux types des blés blancs, la Tuzelle de Provence, et des espèces de blés durs bien caractérisés, notamment le blé de Pologne et le blé de Taganrock, montre dans leurs grains d'amidon une physionomie toute particulière. Bien développés, ils sont irrégulièrement aplatis ou plutôt lenticulaires et à rebords arrondis; l'une de leurs faces est ordinairement plus proéminente, et le sens des fractures étoilées qui s'y aperçoivent quelquefois, indique vers leur sommet le siège du *hile*.

Pour bien discerner toute cette structure externe, il est indispensable de faire rouler lentement les grains dans l'eau, entre deux lames de verre, sans les quitter de l'œil sous le microscope; on parvient alors à les voir sous plusieurs faces.

*Fécule des tubercules de Batates* (convolvulus batatas). Cette fécule, si complètement exempte de toute saveur étrangère, qu'elle peut à cet égard soutenir la comparaison avec les fécules de *Canna discolor*, de *Maranta arundinacea*, du sagouier et des orchis, se distingue de toutes celles que nous avons décrites par la configuration d'un grand nombre de ses grains. Ils paraissent tronqués vers le bout opposé au hile : les bords arrondis prouvent cependant que ce n'est point une véritable coupure; on aperçoit parfois une ligne courbe qui annonce dans cette

surface déprimée une partie rentrée comme le fond des bouteilles à vin ordinaires. Il y a réellement en cet endroit une cavité qui, peu profonde, devient sensible lorsqu'elle reçoit par hasard le bout arrondi d'un autre grain.

*Fécule des tubercules d'Orchis* (salep). Cette fécule est en grains généralement ovoïdes plus ou moins irréguliers; le hile est situé sur le gros bout du grain.

Dans un grand nombre des tubercules de salep les grains de fécule sont soudés et offrent des masses amorphes qui remplissent les cellules. Ce caractère dépend sans doute de la température élevée à laquelle leur dessiccation a commencé; les tubercules étant alors très humides, la fécule a dû former empois en s'hydratant dans chaque cellule. De là vient encore la demi-transparence de la plupart de ces tubercules quand ils sont secs.

Les configurations naturelles de cette fécule s'observent donc bien mieux sur les tubercules à l'état frais.

*Amidon des grains du gros maïs* (blanc, jaune et violet). Outre les différences physiologiques qui résultent des époques de développement et de l'état d'altération des fécules, on remarque entre les grains d'amidon du même âge, dans un même grain de maïs, de grandes variations de forme. Toute la partie cornée ou demi-translucide adhérente au tissu en contact avec l'épiderme présente des grains de fécule tellement serrés et enchâssés dans une masse pressée de toutes parts entre les cellules voisines, qu'ils en ont une forme polyédrique, et qu'on parvient plutôt à les rompre qu'à les séparer les uns des autres. Ce grand rapprochement des parties, observé déjà par M. Raspail, explique la demi-transparence de la substance cornée et la rudesse de la farine de maïs. Quant à la portion farineuse des mêmes grains qui se rapproche du cotylédon, et qui est d'autant plus abondante que le maïs offre plus d'opacité, celle-ci contient un grand nombre de grains

libres, les uns globuleux, piriformes, ovoïdes; les autres ayant d'un côté des formes arrondies, et de l'autre des faces polyédriques.

3414. Après cet aperçu général des formes extérieures et des dimensions extrêmes des grains de fécule, nous allons examiner rapidement quelques uns de leurs caractères physiques plus intimes.

Si on comprime une fécule, celle de pommes de terre par exemple, entre deux lames de verre, on rencontre alors sous le microscope un grand nombre de grains plus ou moins profondément fendus, étoilés ou séparés en deux ou plusieurs fragments. Ce fait prouve bien que la substance intérieure de la fécule est consistante. D'ailleurs, elle est insoluble à froid : elle offre avec l'eau, l'iode, la diastase, les acides, etc., les mêmes phénomènes que les parties superficielles des grains entiers, sauf les différences dues à la cohésion qui est plus forte à la périphérie qu'au centre.

Le hile, très facile à observer sur plusieurs fécules, n'est pas discernable aux plus forts grossissements sur beauconp d'autres; on peut alors le faire paraître à l'aide d'une contraction suffisante, opérée par une forte dessiccation qui fait ressortir les différences de cohésion. En effet, les parties le moins fortement agrégées, plus distendues par l'eau, diminuent en volume plus que les autres. Offrant d'ailleurs moins de résistance, elles cèdent mieux au retrait. Le voisinage du hile doit être le siège en pareil cas d'une double contraction, les parties intérieures dans chaque grain étant moins agrégées et plus humides, parce qu'elles ont été agrégées plus récemment.

On parvient ainsi à marquer nettement le hile en le forçant à s'ouvrir sur plusieurs fécules jusqu'au centre de leurs grains sphériques, ou jusqu'à l'axe des grains allongés. Par ce procédé, on découvre facilement ceux des grains dont la nutrition s'est faite par deux et même par trois hiles. On parvient encore très facilement, en observant ainsi

préparées, les fécules d'un gros volume et globuliformes, à discerner dans l'intérieur de la cavité du hile qui se présente évasé en entonnoir, les lignes circulaires marquant les bords des couches emboîtées.

Si le retrait inégal, produit dans les couches par la dessiccation, fait creuser le hile, de son côté une élévation convenable de température qui rend la substance amylacée soluble constitue une modification physique ou chimique, dont l'effet est variable suivant la cohésion, dans les différentes fécules et dans l'intérieur de chaque grain.

On peut profiter de ces propriétés pour montrer que la couche externe est de même nature que les parties internes, et pour exfolier ces différentes couches. A cet effet, il faut : 1° opérer une dissolution locale de la couche enveloppante, à l'aide d'un dissolvant déposé sur une portion de la superficie de chaque grain; 2° faire agir ce liquide successivement sur toutes les parties internes, afin que les couches les plus résistantes extensibles, sans être entièrement dissolubles, puissent s'exfolier et s'étendre.

Pour déposer une gouttelette d'eau sur chacun des grains isolément, on immerge la fécule chauffée fortement, vers 180° par exemple, dans une goutte d'alcool un peu hydraté. L'alcool s'évapore plus vite que l'eau, de sorte qu'une gouttelette de celle-ci reste sur chaque grain de fécule. On peut observer ensuite son action, soit directement, soit et mieux en immergeant la fécule dans l'alcool. On voit alors que la portion de la superficie sur laquelle la gouttelette d'eau s'est concentrée en a été attaquée et partiellement dissoute. Ainsi la partie la plus extérieure, modifiée par la chaleur, est devenue alors attaquable par l'eau.

Toutes les fécules subissent de la part de l'eau posée localement des influences semblables; il en est de même des grains de fécule déjà privés par les progrès de la végétation des couches extérieures. Ainsi, les couches sous-jacentes

montrent encore ici des caractères semblables à ceux des couches superficielles.

Si au lieu de se borner à soumettre les grains de fécule à l'action locale de l'eau, on les immerge sous le microscope dans l'eau alcoolisée; alors les différents grains, suivant leur cohésion, leur âge ou la température toujours un peu variable à laquelle ils ont été soumis, présentent en s'hydratant des ruptures en divers sens, puis l'extension successive et la séparation sous différentes formes de leurs couches concentriques.

Aucune fécule ne laisse mieux voir les exfoliations successives des couches ou tuniques que celle des rhizômes du *Canna discolor*.

Ces exfoliations sont rendues si évidentes quand on colore les débris par l'iode, qu'il serait inutile de les étudier autrement; nous ajouterons qu'on obtient ainsi les granules sous forme d'ognons composés de capsules exfoliées, quand on opère sur les grains les plus allongés; qu'en comprimant et faisant un peu glisser entre les lames de verre les grains ainsi préparés, on parvient aisément à séparer sur tous les points adhérents les capsules concentriques les unes des autres.

### *Propriétés chimiques.*

3415. Comme, dans toutes les parties de l'histoire des fécules, les variations que l'eau introduit dans leurs propriétés interviennent pour une large part, on a dû étudier d'abord cette action.

Au moment où l'on vient d'extraire et de purifier par d'abondants lavages la fécule de pommes de terre, si on la met à égoutter sur une substance capable d'absorber l'eau interposée, par exemple sur une dalle en plâtre, au bout de vingt-quatre à trente-six heures l'eau sera passée dans

la dalle ou exhalée dans l'air, et la fécule ne cèderait plus rien à une pression mécanique. Mais elle peut perdre encore par la dessiccation 0,45 de son poids, ce qui correspond à peu près à quinze équivalents d'eau pour un équivalent de fécule sèche.

Un deuxième terme d'hydratation se produit, lorsque la fécule sèche est exposée à 20°, dans un air presque saturé d'humidité pendant quelques jours; elle contient 0,35 d'eau ou dix équivalents; son volume en est augmenté dans le rapport de 100 à 150. Cette substance offre alors un aspect et des caractères physiques particuliers. Sa blancheur éclatante a quelque chose du reflet de la neige. Ses grains ont une propension telle à l'adhérence qu'ils se tiennent en une masse sensiblement plastique, lors même que l'on en forme, par une légère pression, une lame posée verticalement, ayant moins d'un millimètre d'épaisseur pour dix à quinze de hauteur. Une plaque semblable ou plus épaisse, mise entre deux feuilles de papier léger, prend et garde les empreintes d'un cachet fortement appuyé, sans communiquer au papier la moindre trace d'eau. Secouée sur un tamis fin, cette fécule refuse d'y passer. Jetée par flocons sur une plaque métallique chauffée à 150°, ses grains se soudent à l'instant.

La fécule conservée à l'air dans des magasins secs retient environ 0,18 d'eau, proportion qui correspond à quatre atomes au-delà de l'atome indispensable à la constitution de la fécule libre. En cet état, la fécule, quoique pulvérulente, offre encore un degré sensible d'adhérence entre ses grains; lorsqu'on la presse entre les doigts, elle fait éprouver à la peau une légère sensation de fraîcheur; jetée sur une plaque chauffée à 100°, elle se dessèche sans s'agglomérer.

La fécule gardée dans le vide sec à la température de 16 à 20°, en retient 0,09, ce qui correspond à deux équivalents d'eau pour un d'amidon. La fécule alors est coulante entre

les doigts, n'occasionne aucune sensation appréciable de sècheresse ni d'humidité; comprimée, elle ne contracte aucune adhérence sensible; on la tamise facilement, sans qu'il s'en émane beaucoup de poussière.

Il ne faut pas moins qu'une dessiccation soutenue pendant plusieurs heures dans le vide sec, de 120 à 125°, pour réduire la proportion d'eau à un seul atome, qui représente l'eau de combinaison intime.

Refroidie, la fécule se montre alors sous la forme d'une poudre extrêmement mobile, ne pouvant être tamisée sans répandre des nuages de poussière; elle fait éprouver à la peau un sentiment de sècheresse et de constriction; exposée en couches minces, à l'air d'un appartement, elle absorbe rapidement de l'humidité, et bientôt son poids est augmenté d'un cinquième.

Voici donc, en les récapitulant, les formules des principaux termes d'hydratation de la fécule.

TABLEAU *des relations principales entre l'amidon et l'eau, dans des circonstances déterminées.*

| ETAT DE L'AMIDON. | FORMULES. | EQUIVALENTS. | EAU HYGR. | AMIDON SEC. | AMIDON anhydre. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1° Anhydre (combiné) . . | $C^{24}H^{18}O^{9}$ | 1930 | 0 | 105,8 | 100, |
| 2° Séché de 100 à 140° vide sec . . . . . | $(H^{2}O,C^{24}H^{18}O^{9})$ | 2042 | 0 | 100 | 94,5 |
| 3° Séché à 20° vide sec . . | $(H^{2}O,C^{24}H^{18}O^{9})+2H^{2}O$ | 2267 | 9,92 | 90,08 | 85 |
| 4° A l'air t = 20° hy. o, 6. | $(H^{2}O,C^{24}H^{18}O^{9})+4H^{2}O$ | 2492 | 18 | 82 | 77,40 |
| 5° A l'air t = 20° saturé d'humidité. . . . . | $(H^{2}O,C^{24}H^{18}O^{9})+10H^{2}O$ | 3167 | 35,5 | 64,50 | 60,94 |
| 6° Egoutté le plus possible. | $(H^{2}O+H^{24}H^{18}O^{9})+15H^{2}O$ | 3729 | 45,33 | 54,67 | 51,67 |

La fécule de pommes de terre, dite sèche commercia-

lement, correspond au n° 4; elle renferme 18 centièmes d'eau.

La fécule vendue humide correspond au n° 6; elle contient 45,33 d'eau pour 100, ou 2/3 de son poids de la fécule appelée sèche.

Sous les quatre premiers états, la fécule reste en poudre facile à tamiser; cependant elle offre des différences appréciables au tact.

3416. Une température comprise entre 200 et 220°, soutenue et bien également répartie, telle qu'on peut aisément l'obtenir en plaçant la matière dans un tube plongé dans un bain d'huile, change en dextrine toutes les fécules depuis celles des très jeunes tubercules de pommes de terre et des panais, qui résistent peu, jusqu'à l'amidon des pois presque mûrs, qui résistent beaucoup plus.

Ces changements sont tellement favorisés par un certain état d'hydratation de la fécule, à l'instant où la réaction s'opère, qu'on parvient à les déterminer à 40° au dessous du terme indiqué plus haut.

Ainsi, la fécule déshydratée par une température soutenue à 125° dans le vide sec, n'aura sensiblement rien perdu de son insolubilité à 160°. Mais si l'on continue à la chauffer jusque à 200°, et que l'on soutienne ce terme une demi-heure, la substance n'aura perdu de son poids qu'une quantité insignifiante; sa couleur se sera à peine ambrée, et cependant la plus grande partie sera devenue soluble dans l'eau froide.

Ces phénomènes pourront être produits par une température de 160°, à la seule condition de porter immédiatement, à ce terme, la température de la fécule contenant quatre atomes d'eau.

Au lieu de porter brusquement la température au terme voulu, on facilitera plus encore les réactions précitées, en empêchant la volatilisation de l'eau d'hydratation.

A cet effet, on place dans un tube en verre épais 10

grammes de fécule séchée à l'air; on ferme très exactement à bouchon forcé, et l'on introduit le tout dans un tube en cuivre dont le couvercle à clavette appuie le bouchon du tube interne. On plonge à demi dans un bain d'huile réglé à 200°, puis on laisse une demi-heure environ; au bout de ce temps on trouve dans le tube en verre une masse homogène et diaphane qui évidemment a subi une fusion complète. Le même effet a lieu en chauffant brusquement le tube dans l'air entre 205 et 215, sans laisser la fécule se déshydrater; mais la substance fondue est plus colorée et plus altérée que dans le vase clos.

L'effet principal des réactions qui précèdent est le même sur toutes les fécules; il est d'autant plus complet et plus prompt aussi que la substance est plus pure et les grains plus jeunes; les parties les moins agrégées deviennent d'abord solubles, tandis que les autres restent insolubles; puis peu à peu la transformation faisant des progrès, tout devient soluble à de légères traces près, retenues par quelques corps étrangers indiqués plus loin.

M. Jacquelain a exécuté quelques expériences qui prouvent, comme on pouvait s'y attendre, que le diamètre des tubes et la durée de l'action de la chaleur influent beaucoup sur les résultats. Il a vu dans la fécule, à 4 atomes d'eau, le hile se développer de plus en plus de 100 à 140°. Plus tard, il est remplacé par de larges déchirures. A 160° les grains sont déformés; à 170° la matière se ramollit et se colore; à 180° elle est devenue noire et soluble; de 190° à 200° les tubes font explosion.

3417. Voyons maintenant quel est l'effet d'une plus forte proportion d'eau.

Si l'on prend, par exemple, 1 gramme de fécule, qu'on le délaie dans 15 grammes d'eau, que l'on élève graduellement la température en agitant sans cesse, aucun changement ne se manifeste jusqu'à ce que le mélange soit parvenu vers 55 degrés; mais les grains très jeunes, doués

d'une faible cohésion, ont absorbé plus d'eau, le gonflement des parties internes en a fait crever quelques uns, et a répandu une très petite quantité de substance très divisée dans le liquide. On reconnaît ces phénomènes soit au microscope, soit à l'aide de l'iode, soit enfin en observant l'augmentation du volume de la fécule déposée.

Si l'on élève la température peu à peu davantage, les mêmes effets produits sur un plus grand nombre de grains deviennent plus sensibles au 60e degré, quoique beaucoup encore n'aient point atteint leur gonflement maximum, ni laissé répandre leur substance dans l'eau; pour quelques uns elle sort partiellement en formant hernie.

La consistance d'empois ne se prononce guère avant que la température se soit élevée à 72°; elle augmente encore d'une manière notable jusqu'au 100e degré, en supposant la quantité d'eau maintenue constante. Les grains occupent successivement les volumes intermédiaires entre le volume normal et le gonflement maximum dû à la température de 100°. Par le refroidissement, on les voit se contracter et former des plis.

Il est facile de s'assurer, par ces moyens, que la fécule augmente de vingt-cinq à trente fois en volume quand elle est chauffée à 100° avec de l'eau et qu'elle se convertit ainsi en empois.

3418. L'extension remarquable qu'éprouve l'amidon hydraté sous l'influence de la chaleur, fait penser qu'un effet inverse doit se produire par l'abaissement de la température. Plusieurs expériences curieuses dues à M. Payen ont justifié ce point de vue. Ainsi, l'amidon délayé et chauffé dans 50 à 100 fois son poids d'eau, à des températures variées, entre 70 et 100°, puis jeté sur un filtre, laisse couler des liquides diaphanes, incolores, qui, soumis à la température de 10° au dessous de zéro, puis dégelés, offrent une grande partie de la substance amylacée contractée, en flocons volumineux, avec toutes ses propriétés caractéristiques. Le

magma resté sur le filtre, complètement égoutté, puis soumis à la congélation, en est tellement contracté, qu'après le dégel, il s'en sépare spontanément une eau limpide abondante. Le même effet de contraction opéré sur l'empois par la congélation, permet d'en éliminer l'eau, qui exsude facilement après le dégel comme d'une matière spongieuse sous une faible pression; il peut donner une sorte de cartonnage moulé, blanc, opaque, en le laissant égoutter et sécher à l'air. Des évaporations dans le vide, et des contractions alternatives par congélation, séparent tout l'amidon de 50 à 200 fois son volume d'eau, dans laquelle on l'avait distendu ou dissous par une élévation de température de 80 ou 90°.

L'amidon, même très étendu dans l'eau, conserve donc entre ses particules de telles relations, qu'un simple abaissement de température fait contracter celles-ci et les agrège entre elles; il n'est donc pas bien prouvé que les particules d'amidon soient dissoutes par l'eau.

Un filtre beaucoup plus fin que tous ceux de nos laboratoires peut, en effet, déterminer leur agglomération et les arrêter au passage. On trouve ce filtre dans les spongioles des radicelles des plantes. Un liquide diaphane refroidi, formé d'une partie d'amidon chauffé à 100° dans 10 parties d'eau, fut réparti entre deux éprouvettes; dans l'une, M. Payen plongea les radicelles d'un bulbe de jacinthe, et l'on vit, au bout de vingt-quatre heures, de légers flocons d'amidon se séparer, tandis que dans l'autre éprouvette la limpidité n'avait pas été troublée.

La précipitation augmente graduellement autour des radicelles. Si l'on plonge ensuite celles-ci dans l'eau pure, puis dans une solution aqueuse d'iode, on voit les flocons se détacher en une belle nuance bleue sur le fond jaunâtre des radicelles. Un frottement léger enlève toute la surface bleue; des sections faites suivant l'axe, ou perpendiculaires à l'axe des radicelles, sont complètement exemptes de sub-

stances capables de bleuir; l'amidon n'a donc pas pénétré dans le tissu.

3419. Si on alcalise faiblement de l'eau, en y ajoutant 0,02 de son volume d'une solution de soude à 35°; puis qu'on y projette, sous le microscope, des grains d'amidon, on voit ceux-ci se gonfler considérablement, se dérider, puis s'étendre beaucoup et assez irrégulièrement pour former plusieurs plis allongés. En employant 150 parties d'eau alcalisée pour une d'amidon, les grains gonflés commencent en moins d'une minute à se déposer, et après vingt-quatre heures, surnagés par un liquide diaphane, ils occupent un volume égal à 70 ou 75 fois leur volume primitif, tel qu'on l'avait observé au bout de vingt-quatre heures de séjour dans l'eau pure.

L'énergie absorbante, accrue dans l'amidon par une forte dessiccation à 120° dans le vide sec, favorise aussi beaucoup la pénétration de l'eau alcalisée. En effet, cette dernière, deux fois plus étendue, c'est à dire contenant 0,01 de solution de soude à 32°, fait gonfler alors l'amidon des pommes de terre mûres, à tel point, que quelques grains en sont déchirés et éclatent par suite sans doute de la rapidité du gonflement.

Des phénomènes analogues s'observent en employant des solutions d'acide sulfurique; mais il faut donner à celles-ci une très forte acidité, car la solution propre à gonfler et rompre les grains mûrs d'amidon, doit contenir 0,3 de son volume en acide à 66°.

3420. On peut expliquer maintenant ce que c'est que l'empois. Nous avons montré comment l'élévation de la température facilitant l'hydratation et l'extension de la matière amylacée, chaque grain se gonfle dans l'eau bouillante de manière à occuper plus de 30 fois son volume ordinaire. Or, toutes les fois que l'espace manque dans le liquide à ce développement, ces grains sont nécessairement amenés au contact et pressés les uns contre les autres; souples d'ail-

leurs, et doués d'une certaine élasticité, ils adhèrent par leurs parties les moins résistantes, disséminées dans le liquide ambiant; ils occupent donc tout le volume du mélange, et lui donnent la consistance gélatineuse que chacun d'eux possède en particulier. Cet effet, en somme, est comparable à celui qu'on obtient à froid par les solutions alcalines. Après le refroidissement, la faculté contractile propre à la fécule hydratée, et dont nous avons exposé divers exemples, resserre les grains gonflés et les soude plus étroitement par la matière amylacée libre qui les environne. De là, cette contraction qui durcit l'empois, le fait fendiller, et laisse exsuder quelquefois une portion de liquide, entraînant les parties très faiblement agrégées qu'il a pu dissoudre. Cette espèce de liquation se fait surtout remarquer dans l'empois obtenu avec la fécule de pommes de terre.

3421. Si l'on cherche à résumer les effets produits par l'action simultanée de la chaleur et de l'eau sur les fécules, on arrive à des résultats simples et importants.

En effet, de 100 à 150°, on n'obtient guère que de l'empois. Au delà, et surtout vers 150°, la fécule semble se dissoudre dans l'eau et forme un liquide très fluide et transparent. Laisse-t-on ce liquide se refroidir, il s'en dépose une grande quantité de petits granules à contour circulaire de deux millièmes de millimètre de diamètre et parfaitement uniformes. Ces granules se redissolvent dans l'eau à 70° et mieux encore à 100. Leur dissolution est colorée en bleu par l'iode. L'alcool la précipite.

La découverte de ces granules, due à M. Jacquelain, est d'une haute importance dans l'histoire de la fécule; elle permet de ramener toutes les fécules à un état uniforme, car les granules reproduisent manifestement les propriétés des fécules les plus fines, par exemple celles de la fécule de la graine du *Chenopodium chinoa*. Le meilleur procédé pour les obtenir consiste à chauffer pendant

deux heures à 150°, dans une marmite à Papin, 1 partie de fécule et 5 parties d'eau, puis à laisser refroidir.

Si au lieu de s'arrêter à 150°, on dépasse ce terme et qu'on aille à 160°, la fécule se convertit presque entièrement en dextrine colorable en violet par l'iode ; il se forme peu de sucre.

Va-t-on jusqu'à 180°, c'est au contraire le sucre qui prédomine ; la dextrine colorable a disparu ; l'alcool ne précipite pas la dissolution, et l'iode ne la colore nullement.

Ce n'est pas le seul cas où la fécule se convertisse en granules ; elle semble toujours passer par cet état quand elle se change en dextrine, et le prendre quand elle commence à se développer.

Nous verrons plus loin que la diastase peut convertir en dextrine deux mille fois son poids de fécule. Si l'on arrête la réaction en portant à 100° la température, aussitôt que la fluidification s'opère, puis que l'on fasse rapprocher le liquide en consistance sirupeuse, on observe que la liqueur devient opaque par le refroidissement. Délayée dans l'eau, une forte proportion refuse de s'y dissoudre. La matière insoluble se redissout pourtant en grande partie, dans l'eau chauffée de 60 à 65° ; entretenue en solution entre 70 et 80°, elle laisse peu à peu déposer les corps étrangers et les parties grossières. La solution filtrée, rapidement évaporée, puis desséchée en couches minces, présente alors l'amidon en granules.

Il est insipide, neutre, incolore ; exposé à l'air saturé d'humidité, il s'y gonfle, reste en plaques souples, mais cassantes. Plongé dans l'eau froide, il se gonfle davantage, absorbe plus d'eau, mais reste un peu élastique, conserve encore ses formes et présente les mêmes cassures anguleuses. Chauffé à 65° dans l'eau, il se dissout ; le liquide évaporé devient de plus en plus sirupeux ; redesséché, il reprend ses caractères primitifs. Mis en contact avec l'eau

froide, sans aucune agitation, il ne s'en dissout pas, et l'iode accuse à peine sa présence dans le liquide.

Mais si on le broie à sec ou mouillé, puis qu'on l'étende d'eau, le liquide même filtré en contient une très notable proportion, et se colore fortement en un violet, se rapprochant d'autant moins du bleu qu'on a versé plus d'iode.

Tous les liquides froids, diaphanes, obtenus par les réactions de l'eau qu'on vient d'étudier, et qui contiennent de l'amidon pur, sont troublés par l'alcool.

Si l'on étend d'eau, à l'instant même le précipité d'amidon se redissout; or, si l'on attendait quelques heures, la même addition ne pourrait plus éclaircir la liqueur; ainsi la plus légère cohésion produite par un simple repos suffit pour rendre l'amidon insoluble dans l'eau.

Lorsqu'on a employé seulement la proportion d'alcool nécessaire pour faire apparaître l'amidon en suspension, et qu'on soumet le liquide trouble à la chaleur, il s'éclaircit entre le 65 et le 66°, puis se trouble de nouveau par le refroidissement. Ces phénomènes peuvent être reproduits un grand nombre de fois. Ils offrent quelque analogie avec ceux que nous offrira plus loin l'iodure d'amidon, et s'expliquent de la même manière.

3422. L'amidon des différentes parties des plantes, soit qu'on le prenne intégralement, soit qu'on analyse à part les parties enveloppantes ou intérieures des granules, séparées par l'eau bouillante et le filtre, soit enfin qu'on opère sur divers produits de sa désagrégation, a été l'objet d'un si grand nombre d'analyses qu'il ne peut plus rester de doutes sur sa composition élémentaire. Elle est identiquement la même que celle de la dextrine, et se représente en centièmes par les nombres suivants :

| | |
|---|---|
| Carbone | 44,9 |
| Hydrogène | 6,1 |
| Oxygène | 49 |
| | 100 |

Ce qui correspond à la formule $C^{24} H^{20} O^{10}$. Mais tout en admettant cette formule, il ne faut pas oublier que la fécule renferme un peu de matière azotée et quelques traces de cendres.

M. Jacquelain, en tenant compte de ces deux corps, est arrivé aux résultats suivants :

| | Fécule. | Granules. |
|---|---|---|
| Carbone..... | 44,77..... | 44,78 |
| Hydrogène.... | 6,37..... | 6,34 |
| Oxygène..... | 48,25..... | 48,34 |
| Azote..... | 0,31..... | 0,24 |
| Cendres..... | 0,30..... | 0,30 |
| | 100,00 | 100,00 |

D'où il suit que la fécule ou les granules ne contiennent pas moins de 1,5 à 2 pour 100 de leur poids d'une matière albuminoïde, membraniforme, qui fournit cet azote.

On peut déterminer la capacité de saturation de l'amidon à l'aide de plusieurs bases : la chaux, la baryte et l'oxyde de plomb ; mais ce dernier oxyde se combine dans des circonstances bien plus faciles à reproduire.

Voici comment on opère : l'amidon bien épuré, pris intégralement ou dans les produits de sa désagrégation, est dissous dans cent vingt à cent cinquante fois son poids d'eau bouillante, on ajoute à cette dissolution environ un centième de son volume d'ammoniaque.

D'un autre côté, on a préparé une solution d'*acétate de plomb ammoniacal* en ajoutant 5 grammes d'ammoniaque à une solution bouillie de 30 gram. d'acétate de plomb neutre dans 200 gram. d'eau. On mêle ensemble les deux solutions, ce qui donne lieu à la réaction suivante :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 at, acétate crystallisé | 7125 | 1 at. acétate tribasique. | 4939 |
| 3 at. ammoniaque. | 643,5 | 2 at. acétate d'ammoniaque. | 1715 |
| | | 1 at. ammon. | 214,5 |
| | | 8 at. d'eau. | 900 |
| | 7768,5 | | 7768,5 |

L'acétate d'ammoniaque rend stable l'acétate tribasique, même en présence de l'excès d'ammoniaque, et cette base prévient la formation de l'acétate neutre ou de l'acétate sesquibasique, sels que l'amidon ne décomposerait pas.

Le précipité d'amylate de plomb se dépose, on le lave exactement à l'abri du contact de l'acide carbonique de l'air; on le dessèche avec les mêmes précautions de 100 à 150°. Analysé en cet état, il a donné en centièmes les nombres suivants :

| | |
|---|---|
| Carbone | 19,66 |
| Hydrogène | 2,37 |
| Oxygène | 19,70 |
| Oxyde de plomb | 58,90 |

ce qui correspond à la formule : $2PbO, C^{24} H^{18} O_9$.

Le dextrinate de plomb, préparé dans les mêmes circonstances, a donné des résultats semblables. On arrive encore aux mêmes conclusions en précipitant la dextrine dissoute dans l'esprit de bois à 0,5 par la baryte dissoute dans l'esprit de bois au même degré, et analysant le dextrinate de baryte qui retient l'atome d'eau de la base et celui de la dextrine.

3423. L'amidon paraît inaltérable à l'état sec soit dans l'oxygène, soit dans l'air.

Mais quand on opère sur l'amidon humide ou sur l'empois, des altérations assez rapides se manifestent : elles ont été l'objet d'une étude approfondie de la part de M. Th. de Saussure.

Si l'on fait un empois avec de l'amidon mêlé de gluten, et qu'on l'abandonne à l'air, en moins de douze heures il peut être converti en sucre.

100 parties d'amidon de froment et 1200 parties d'eau donnent un empois qui, conservé à l'abri de l'air, contient au bout de trente-huit jours :

| | |
|---|---|
| Sucre | 47 |
| Dextrine | 23 |
| Granules d'amidon | 8 |
| Amidon | 4 |
| Id altéré | 10 |

Ce changement de composition s'était opéré sans modification de poids.

En prenant la même quantité de matière et la laissant le même temps à l'air, elle perd au contraire un cinquième en poids et fournit les produits suivants :

| | |
|---|---|
| Sucre | 50 |
| Dextrine | 10 |
| Granules d'amidon | 5 |
| Amidon | 4 |
| Id. altéré | 9 |
| Matière charbonneuse | 0,3 |

La fécule de pommes de terre soumise à la même action résiste un peu mieux, mais se transforme néanmoins comme l'amidon lui-même en sucre et en dextrine.

Cette conversion est accompagnée d'un faible dégagement d'acide carbonique, lorsqu'on opère à l'air. Si on a placé les matières en vases clos, on obtient quelques bulles d'hydrogène.

Il est évident que ces faits se rattachent à une véritable fermentation que l'amidon éprouve et où le gluten dans l'amidon de froment, et les membranes albumineuses dans la fécule de pommes de terre jouent le rôle de ferments.

Pour étudier ces divers produits, M. de Saussure traite son empois par l'eau froide qui dissout le sucre et la dextrine, et il précipite celle-ci par l'alcool; puis il reprend le résidu par l'eau bouillante qui dissout les granules; enfin, l'acide sulfurique tiède et très étendu dissout l'amidon, et une dissolution alcaline sert à son tour à dissoudre

cette matière qu'on a nommée amidon altéré, mais qui offre toutes les propriétés de l'amidon.

3424. Si dans ce phénomène l'amidon n'est altéré par l'oxygène qu'autant que celui-ci intervient pour convertir la matière animale en véritable ferment, il n'en est plus ainsi dans quelques circonstances où il est l'objet d'une oxydation directe. Ainsi, quand on fait bouillir l'amidon avec du peroxyde de manganèse et de l'acide sulfurique étendu, il se développe de l'acide carbonique en abondance, de l'acide formique et un produit odorant particulier.

Si on remplace ce mélange oxydant par l'acide chromique, on obtient les mêmes effets.

Mais l'acide nitrique fournit au contraire de l'acide oxalique en abondance. C'est même par l'action réciproque de ces deux corps qu'on obtient l'acide oxalique dans les arts. Sa production est précédée sans doute de celle de quelques autres acides organiques, mais il ne se forme jamais trace d'acide mucique.

Bien entendu qu'avant d'être modifié de cette manière par les acides oxydants, l'amidon est toujours converti par eux en dextrine ou même en sucre.

L'acide nitrique a d'ailleurs une manière particulière d'agir sur l'amidon qui a été étudiée avec soin par MM. Braconnot et Pelouze.

Il y a quelques années, M. Braconnot reconnut que l'acide nitrique concentré, convertit l'amidon, le *ligneux*, la cellulose, et quelques autres substances en une matière qu'il nomma xyloïdine, et que j'appellerai nitramidine.

Si l'on fait un mélange d'amidon avec de l'acide nitrique, d'une densité de 1,5, au bout de quelques minutes, la disparition de l'amidon est complète, la liqueur conserve la teinte jaune de l'acide nitrique concentré, et aucun gaz ne se dégage. Traitée immédiatement par l'eau, elle laisse précipiter la nitramidine tout entière, et la liqueur filtrée donne par l'évaporation, à peine un résidu sensible. Si

au lieu d'opérer la précipitation par l'eau aussitôt après la dissolution de l'amidon, on abandonnait la liqueur à elle-même dans un vase fermé, elle se colorerait peu à peu et affecterait les teintes diverses d'un mélange d'acide nitrique et de deutoxyde d'azote.

L'eau y forme alors un précipité de nitramidine, dont la quantité diminue de plus en plus avec le temps, au bout de deux jours et souvent même de quelques heures, elle cesse entièrement de se troubler. La xyloïdine a été détruite et transformée complètement en un nouvel acide que l'évaporation présente sous la forme d'une masse blanche solide, incrystallisable, déliquescente, dont le poids est beaucoup plus considérable que celui de l'amidon soumis à l'expérience. Du reste, il ne se produit ni acide carbonique, ni acide oxalique pendant cette réaction.

La nitramidine, premier produit de l'acide nitrique sur l'amidon, résulte de la réaction, atome à atome, de ces deux corps.

La nitramidine est très combustible : à la température de 180°, elle prend feu, brûle presque sans résidu et avec beaucoup de vivacité. Cette propriété a conduit M. Pelouze à la proposer pour plusieurs applications dans l'artillerie (1).

En plongeant du papier dans l'acide azotique à 1,5 de densité, l'y laissant le temps nécessaire pour qu'il en soit pénétré, ce qui a lieu en général au bout de deux ou trois minutes, puis l'en tirant pour le laver à grande eau, on obtient une espèce de parchemin impénétrable à l'humidité, et d'une extrême combustibilité. Le même effet a lieu sur les tissus de toile de coton.

Le papier ou les tissus qui ont subi l'action de l'acide

(1) Dans la préparation des feux des mines et des pièces d'artifice, les papiers et cartonnages, rendus ainsi imperméables et très combustibles, auraient une grande utilité sans doute.

azotique, doivent leurs propriétés nouvelles à la nitramidine qui les recouvre.

Dans la composition de la nitramidine, l'amidon ou la cellulose ayant perdu deux atomes d'hydrogène, remplacés par un équivalent de vapeur nitreuse, il en résulte un composé de la forme $\frac{C^{24}\,N^{18}\,O^{10}}{Az^2\,O^4}$. C'est une modification de l'amidon, où un équivalent d'hydrogène se trouve remplacé par un équivalent de vapeur nitreuse; mais c'est toujours un corps du même type que l'amidon.

3425. Un des caractères les plus curieux de l'amidon consiste dans sa coloration bleue ou violette sous l'influence de l'iode.

Cette couleur est d'autant plus intense, plus rapprochée du bleu pur, et plus stable, que l'amidon est plus agrégé.

L'effet de la désagrégation graduelle de la substance amylacée lui fait prendre des nuances violettes virant de plus en plus au rouge. De même, aux premiers degrés de son agrégation naissante dans les plantes, l'amidon développe, sous l'influence de l'iode, des nuances rougeâtres d'abord, puis violettes, puis enfin bleues.

Si l'on verse sur de la fécule à l'état normal une solution très affaiblie d'iode, la coloration en bleu est d'abord assez superficielle, pour que les grains conservent leur transparence sous le microscope.

De plus fortes proportions d'iode augmentent tellement l'intensité de la coloration, que les grains semblent noirs et opaques, lors même qu'ils ont seulement un centième de millimètre; la combinaison et la coloration ont pénétré jusqu'au centre tous les grains bleuis. Lorsqu'on opère la décoloration de ces grains à l'aide de l'ammoniaque sous le microscope, on voit les couches extérieures perdre les premières leur couleur, puis le phénomène gagner graduellement jusqu'au centre.

La fécule exempte de toute altération, désagrégée dans

mille fois son poids d'eau par une température de 100°, donne une solution qui, filtrée, acquiert une belle teinte bleu indigo par l'iode; un excès du réactif par sa propre coloration jaune, fait virer la nuance au vert.

Une foule d'altérations et l'influence du faible degré d'agrégation dont les jeunes grains d'amidon quoique entiers ne sont pas toujours exempts, donnent à la matière amylacée la propriété de se teindre en rouge fauve par l'iode, en sorte que le mléange des parties plus ou moins altérées ainsi, donne diverses nuances de violet.

Les divers degrés de désagrégation et de solubilité obtenus en traitant la fécule, soit par une température comprise entre 200 et 220°, soit par l'acide sulfurique concentré ou étendu, soit par la diastase en arrêtant chacune de ces réactions à différents termes, donnent, avec un léger excès d'iode, des colorations violettes virant de plus en plus au rouge.

Au premier moment la solution d'iode produit une coloration bleue en se combinant aux parties le moins désagrégées; de nouvelles additions d'iode font virer la nuance au violet de plus en plus rougeâtre.

Les solutions alcalines de soude et de potasse altèrent évidemment moins la fécule qu'une haute température, que les acides forts ou la diastase, car dans le premier cas le liquide conserve une consistance mucilagineuse prononcée. Cette moindre désagrégation se manifeste aussi par l'iode qui donne encore des nuances bleues avec ces produits.

3426. La lumière exerce une action décomposante sur la solution d'iodure d'amidon dans l'eau; diffuse, elle affaiblit lentement la couleur bleue; mais cet effet se produit en quelques heures, lorsque la solution est exposée à l'action directe des rayons du soleil, la température étant de 30 à 40 degrés. Ce phénomène, comme l'a expliqué M. Guibourt (*Journal de chimie médicale*, t. III, 1829), est dû à la décomposition de l'eau, qui forme de l'acide iodhydri-

que, et à la volatilisation de l'iode; nous verrons qu'il peut rester de l'iodure d'amidon non visible directement.

A 100°, en présence d'un excès d'iode, la coloration bleue se maintient. Par l'ébullition, comme l'a fait voir M. Lassaigne, et même à 66° l'iodure perd toute sa couleur bleue qu'il peut reprendre par le refroidissement. L'intensité diminuerait par la volatilisation de l'iode ou par la formation de l'acide iodhydrique si l'on prolongeait beaucoup l'expérience. La décoloration exige des températures plus élevées au fur et à mesure que l'on augmente les proportions d'amidon dans le liquide.

Si l'on prend une dissolution d'amidon contenant $\frac{1}{300}$ de ce produit par exemple, et qu'on la bleuisse par l'iode, la liqueur portée à 90 ou 100° deviendra complètement incolore et limpide. Refroidie à 20 ou 25°, elle reprendra sa teinte, un peu affaiblie; toutefois, on pourra recommencer plusieurs fois cette épreuve.

L'iodure d'amidon est opaque sous une épaisseur d'un centième de millimètre : on le constate aisément en interposant entre l'œil et la lumière une solution de 1 gram. d'iodure dans 1000 centimètres cubes d'eau, contenue entre deux lames parallèles en verre, écartées de 1000 centièmes de millimètre ou d'un centimètre, puis s'assurant que la lumière n'est pas sensiblement transmise au travers de la couche liquide.

3427. L'ichthyocolle, battue, détrempée, lavée à froid et délayée dans la solution d'iodure, entraîne ce composé bleu dans le réseau qu'elle déploie au milieu du liquide. On s'en assure par le filtre, qui retient toute la substance bleue.

Tous les acides, les composés binaires neutres et les sels, essayés, coagulent cet iodure avec une énergie et des phénomènes variés.

Nous citerons entre autres les acides sulfurique, azotique, chlorhydrique; les chlorures de calcium, de baryum, de

sodium; les sulfates de chaux, de fer, de cuivre, de potasse; l'oxalate et l'hydrochlorate d'ammoniaque. Ainsi, les acides qui dissolvent l'amidon libre contractent l'amidon uni à l'iode, comme si la combinaison de ces deux corps eût modifié leurs propriétés.

De très faibles proportions de tous les agents solubles que nous venons d'indiquer peuvent déterminer à l'instant cette séparation. Pour fixer les idées par des nombres, nous dirons : 1° qu'on l'obtient à l'aide d'une solution de sulfate de chaux neutre saturée, étendue de seize fois son poids d'eau pure et versée dans un volume égal au sien du liquide bleu foncé, préparé en ajoutant à froid un léger excès d'iode à la dissolution filtrée d'une partie de fécule de pommes de terre dans 100 parties d'eau; 2° qu'une solution contenant 0,0001 de son poids de chlorure de calcium mêlée, à volume égal, avec le même liquide bleu, provoque aussitôt la séparation d'un coagulum bleu. Celui-ci, dans ces deux cas, occupe longtemps, il est vrai, presque tout le volume du mélange, ne laissant voir que par des intervalles minces, et près de la superficie, le liquide diaphane interposé.

Par la congélation, on obtient la contraction et l'élimination complète du composé bleu, même dans un liquide qui en contient moins que la millième partie de son poids. Ce phénomène se manifeste aussi par un simple abaissement de la température à zéro, sans congélation. Dans ce dernier cas, les flocons restent quelquefois tellement volumineux dans trois ou quatre cents fois leur poids d'eau qu'ils occupent toute la hauteur du liquide. Or, bien qu'ils se trouvent pendant plusieurs jours en contact par une énorme surface avec l'eau à 12 ou 15°, il ne s'en dissout pas la moindre trace : un filtre les retient tous, et le liquide en sort sans coloration bleue.

3428. Si une altération a eu lieu dans la solution aqueuse d'amidon avant l'addition de l'iode, soit par le temps, soit

par une ébullition trop prolongée, l'iodure d'amidon se sépare incomplètement, et sa coloration par l'iode est différente; il est violet.

Après les réactions à froid ou à chaud des acides forts et de la diastase, les proportions de la substance bleue précipitable, diminuent rapidement et d'autant plus que la nuance rougeâtre, signe certain d'une altération plus avancée, domine davantage.

Toute précipitation de l'amidon par le froid, les acides et les sels, cesse lorsque la substance amylacée est altérée au point de donner avec l'iode une nuance de violet rougeâtre. A plus forte raison, lorsque plus atténuée, elle donne une coloration sensiblement rouge.

L'amidon, combiné avec l'iode, retient sensiblement dans le vide à 15°, autant d'eau que l'amidon libre dans les mêmes circonstances.

Si l'on opère sa dessiccation très lentement dans le vide, en poussant jusque à 220 degrés, il se dégage d'abord de l'iode, puis le dégagement cesse; après le refroidissement dans le vide, la matière est encore d'une nuance très foncée; si l'on ajoute un peu d'eau, puis qu'on dessèche de nouveau en portant lentement à 220°, un nouveau dégagement d'iode a lieu, mais la nuance est très foncée encore. L'iodure, épuisé ensuite par l'eau, ne cède que 0,02 environ de substance soluble, mais se colorant en violet par l'iode.

Ainsi, une très forte proportion de l'amidon est préservée par l'iode de l'altération que cette haute température eût complètement opérée. La plupart des grains restent d'un bleu opaque presque noir. Ceux-ci résistent aux alcalis et aux acides concentrés à froid, et ne s'attaquent que lentement à chaud par l'acide sulfurique concentré, qui alors dégage de l'acide sulfureux. Une stabilité aussi grande, donnée à l'amidon par l'iode, prouve qu'une combinaison réelle s'est formée entre ces deux corps.

3429. Si l'on agite dans un tube à froid une solution d'iode dans l'alcool anhydre, avec de l'amidon séché de 100° à 130° dans le vide, il ne s'opère immédiatement aucune combinaison, l'amidon reste blanc, et la solution alcoolique conserve sa couleur sans perte; si alors on ajoute quelques gouttes d'eau au mélange, la combinaison a lieu sur le champ, et les grains d'amidon deviennent aussitôt d'un violet de plus en plus foncé.

Réciproquement, si l'on agite de la fécule bleuie par un excès d'iode, dans vingt fois son poids d'alcool anhydre, et qu'on renouvelle plusieurs fois celui-ci, les grains d'amidon perdent à chaque fois une nouvelle quantité d'iode, mais très lentement; après avoir renouvelé huit ou dix fois l'alcool, la coloration de plus en plus affaiblie, aura viré au violet rougeâtre, et plus des 0,8 de l'iode auront été séparés de la fécule.

Si l'on agit à la température de l'ébullition de l'alcool, aucun des grains n'est déformé, la décoloration est plus rapide, et dans tous les cas, on observe sous le microscope une décoloration beaucoup plus avancée sur les plus jeunes grains, qui sont devenus diaphanes et rosâtres.

Après avoir desséché l'iodure d'amidon par une température soutenue de 100° dans le vide, si on le laisse refroidir, on pourra s'assurer, en l'observant au microscope dans l'alcool anhydre, que ses grains, violets, opaques, sont intacts. Mais alors, si l'on y ajoute de l'eau froide, soit pendant qu'il est encore mouillé d'alcool, soit à nu, on verra aussitôt un grand nombre de grains se rompre, s'exfolier; une partie même de leur substance se désagrègera dans le liquide et prendra des nuances violettes, rougeâtres, tandis que les couches exfoliées, acquerront en s'hydratant des nuances très rapprochées du bleu.

Un équivalent d'iode peut teindre dix équivalents d'amidon; les poids sont entre eux comme 7 : 92, et les volumes comme 1 : 12. La combinaison intime de ces deux

corps admise par M. Payen, repose sur les propriétés nouvelles du composé, et notamment sur sa résistance à la chaleur, qui est telle, que la substance organique peut être soustraite à la conversion en dextrine, perdre avec l'iode son eau de composition, et se réduire presque en charbon sans changer de forme. La stabilité de l'iodure bleu, étendu dans l'eau froide, et sa grande contractilité sous diverses influences, prouvent encore une attraction véritable entre ses composants.

Les nuances les plus rapprochées du bleu sont produites par l'amidon pur dissous dans l'eau, mais point altéré comme il le serait par la diastase ou les acides forts.

Tous les moyens qui altèrent l'agrégation des particules amylacées diminuent leur attraction pour l'iode; aussi ne peut-on en obtenir que des nuances violettes. Lorsqu'enfin la structure intime des particules d'amidon disparaît sous une division telle que toutes les propriétés contractiles s'évanouissent, la faculté de se colorer par l'iode disparaît aussi; l'amidon est changé en dextrine.

Nous voyons donc que l'iode peut exercer sur l'amidon une action variable; il y a combinaison ou désagrégation, suivant qu'on opère à froid ou à chaud, suivant qu'on élimine l'eau avant d'élever la température, ou bien qu'au contraire on fait simultanément réagir l'eau, l'iode et la chaleur; il doit donc se produire, surtout à chaud, des résultats complexes.

3430. L'action du chlore, bien plus énergique, semble être toujours décomposante; en effet, une solution neutre de chlorure de chaux, même à froid, attaque l'amidon. Son action, très prolongée, le transforme en acide carbonique et en eau; il se forme du chlorure de calcium. L'excès de chlorure de chaux, attaqué par l'acide carbonique, donne du carbonate de chaux qui se dépose et du chlore qui se dégage, et dont une partie prend part à la réaction sur l'amidon. Si l'on ne renouvelle pas la solution de chlo-

rure, elle s'affaiblit et agit si lentement, qu'au bout de plusieurs mois la plus grande partie des grains de fécule, vus sous le microscope, paraissent entiers et laissent apercevoir toutes leurs couches concentriques. Avec le chlorure de chaux en excès et bouillant l'action est instantanée.

3431. Les acides faibles dissolvent l'amidon et donnent ainsi un liquide transparent et très fluide. En faisant bouillir cette dissolution pendant quelques heures tout l'amidon disparaît. La liqueur qui se teignait en bleu par l'iode, devient peu à peu capable de se teindre en violet, puis en pourpre. Enfin l'iode ne la colore plus. A cette époque, l'amidon a disparu; à sa place on trouve de la dextrine d'abord, puis du sucre de raisin ou glucose.

Non seulement, les acides minéraux énergiques produisent cet effet sur l'amidon, mais les acides oxalique, tartrique, citrique et la plupart des acides organiques, même à faible dose, sont dans le même cas.

Le tannin se rencontrant souvent avec l'amidon, ses réactions méritaient une attention particulière. Les liquides aqueux, diaphanes et froids, qui contiennent l'amidon, offrent, avec lui, à de légères modifications près, les phénomènes suivants :

La solution de tannin les trouble et produit ensuite un précipité qui se réunit en flocons allongés, gris, opaques, puis en magma au fond du vase.

Les mêmes liquides, préalablement bleuis par l'iode, sont subitement décolorés par la solution de tannin; un précipité grisâtre se dépose ensuite.

La solution de tannin empêche complètement les réactions de la diastase sur l'amidon.

Si l'on fractionne les solutions d'amidon troublées par le tannin, et qu'on observe une partie de chacune d'elles sous l'influence de la chaleur, on verra qu'elles deviennent toutes limpides, par des élévations de température qui varient avec la proportion du composé; elles reprennent leur opacité par le refroidissement.

Ainsi, le liquide contenant déjà assez de précipité pour être opaque à 20° dans un tube de 6 millimètres, devient diaphane, chauffé à 36°; refroidi à 30°, il commence à se troubler et à reprendre graduellement son opacité première. Ces derniers phénomènes reproduits plusieurs fois avec le même liquide sont encore analogues à ceux que présente l'iodure bleu sous l'influence des variations de température.

3432. Les alcalis, potasse et soude, dissolvent l'amidon et produisent d'abord son hydratation et son gonflement immédiats. Les autres bases se combinent avec lui, mais pour former des composés solubles.

Si l'on verse une solution de baryte dans un empois, même très léger, celui-ci offre aussitôt deux parties distinctes; l'une très liquide; l'autre ayant acquis par la séparation de l'eau une forte cohésion, présente une masse dure, tenace, élastique, très difficilement perméable.

Lors même que l'amidon est dilué dans une grande quantité d'eau, et qu'il est séparé des parties les plus agrégées à l'aide d'une filtration, il éprouve par la solution de baryte une contraction telle qu'il en est précipité à l'instant; des flocons agglutinés s'attachent aux parois du vase.

Mais dès que la combinaison avec la baryte a détruit la forme spongieuse contractée par l'amidon, la dissolution du produit s'effectue dans la même quantité d'eau, au milieu de laquelle la précipitation avait eu lieu d'abord.

Ce phénomène de précipitation est fort remarquable; car il est dû à une réaction dont le produit final constitue une combinaison soluble.

Le sous-acétate de plomb donne avec l'amidon rapidement hydraté, dissous et filtré, un précipité insoluble, même dans un excès d'eau.

L'eau de chaux précipite aussi l'amidon en flocons variables, suivant l'état d'agrégation ou de division de cette substance.

Les solutions de sulfate de cuivre, de persulfate de fer, de chlorure de baryum et de beaucoup de sels, ne précipitent pas l'amidon dissous à chaud, refroidi et rendu limpide par la filtration.

### DIASTASE.

3433. Parmi un si grand nombre de réactions susceptibles de bien caractériser l'amidon, et de démontrer sa présence et ses proportions, aucune n'est aussi remarquable, aussi spéciale que celle de la diastase qui nous reste à décrire.

On désigne sous ce nom une substance solide, blanche, amorphe, insoluble dans l'alcool pur, soluble dans l'eau et l'alcool faible. Sa solution aqueuse est neutre et sans saveur marquée; elle n'est point précipitée par le sous-acétate de plomb; abandonnée à elle-même elle s'altère plus ou moins vite, suivant la température atmosphérique, devient acide et perd son énergique action sur la fécule. A l'état sec et pulvérulent, la diastase se conserve long-temps; toutefois, au bout de deux ans elle peut avoir perdu sa propriété principale.

La diastase n'exerce aucune action sur les teintures végétales. Elle ne modifie pas l'albumine, le gluten, le sucre de canne, la gomme arabique, l'inuline et la cellulose fortement agrégée (1).

Mise en présence de la fécule hydratée à chaud, elle la dissout et l'isole de la plupart des principes immédiats, ainsi que de tous les corps insolubles auxquels elle serait mêlée. De même, elle met en évidence les corps étrangers

(1) La diastase détermine la dissolution et la conversion en sucre d'une proportion de fécule soixante fois plus considérable que celle opérée dans le même temps par l'acide sulfurique, tandis que, d'une autre part, ce dernier corps transforme complètement en sucre, analogue à celui du raisin, les quatre substances précédentes sur lesquelle la diastase est sans influence.

adhérents à l'amidon. Cette singulière propriété de séparation justifie bien le nom de *diastase* donné à la substance qui la possède et qui exprime précisément ce fait.

Dans le traitement de la fécule par la diastase, la fécule se convertit en dextrine, et l'opération convenablement suivie, donne la dextrine la plus blanche et la plus pure. La solution de diastase en présence de la dextrine, convertit à son tour et complètement cette dernière substance en sucre ou glucose.

Il faut que la température soit maintenue durant le contact de 65 à 75°, car, si l'on chauffe la solution de diastase jusqu'à l'ébullition, elle perd tout pouvoir spécifique et ne possède plus la faculté d'agir sur la fécule ou sur la dextrine.

La diastase se développe dans les semences d'orge, d'avoine et de blé germés, près des germes, mais non dans les radicelles; elle n'existe ni dans les racines ni dans les pousses de la pomme de terre, mais seulement dans le tubercule, près et autour de leur point d'insertion. C'est précisément l'endroit où l'on conçoit que sa réaction puisse être u ile pour dissoudre la fécule. Elle y est généralement accompagnée d'une substance azotée, albumineuse, qui, comme elle, est soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool. Mais celle-ci se coagule dans l'eau à la température de 65 à 75°, n'agit ni sur la fécule ni sur la dextrine, est précipitée de ses solutions par le sous-acétate de plomb, et enfin elle est éliminée en grande partie par l'alcool avant la précipitation de la diastase.

On a encore retrouvé la diastase sous les bourgeons de l'aylanthus glandulosa, où la présence de l'amidon a été reconnue d'ailleurs.

Les pommes de terre, non plus que les céréales avant la germination, ne contiennent pas de diastase.

On l'extrait de l'orge germé et l'on en obtient d'autant plus que la germination a été plus régulière, et qu'en se développant la gemmule s'est plus approchée d'une

longueur égale à celle des grains d'orge eux-mêmes (1).

3434. Pour l'extraire, on fait macérer l'orge germé réduit en poudre dans l'eau à 25 ou 30° pendant quelques instants; on soumet le mélange pâteux à une forte pression, et l'on filtre la solution trouble. Le liquide clair est chauffé dans un bain-marie à 75°. Cette température coagule la plus grande partie de la matière azotée, qu'on doit séparer alors par une nouvelle filtration; le liquide filtré peut servir à différents essais comme diastase brute. Il renferme ce principe actif avec un peu de matière azotée, de substance colorante, et une petite quantité de sucre. Pour séparer ces derniers corps, on verse, jusqu'à cessation de précipité, de l'alcool anhydre dans la liqueur, la diastase y étant insoluble, se dépose en flocons qu'on doit recueillir et dessécher à une basse température, afin de ne pas l'altérer; il faut surtout éviter de la chauffer humide jusqu'à 90 ou 100°. On l'obtient plus pure encore en la dissolvant dans l'eau et la précipitant de nouveau par l'alcool, surtout si l'on répète ces solutions et précipitations deux fois. Le charbon d'os n'altérant pas les solutions de diastase, on pourrait l'appliquer à leur décoloration.

On prépare aussi la diastase exempte de la matière azotée étrangère, sans coaguler celle-ci, par la chaleur, mais en faisant intervenir seulement plusieurs précipitations à l'aide de l'alcool. Après chaque précipitation, il se dissout moins de cette substance et la diastase devient de plus en plus blanche et pure.

On écrase donc dans un mortier de l'orge fraîchement germé, on l'humecte avec environ moitié de son poids d'eau, on soumet ce mélange à une forte pression. Le liquide qui en découle est mêlé avec assez d'alcool pour détruire sa viscosité et précipiter la plus grande partie de la matière

(1) L'orge germé des brasseurs contient rarement plus de deux à trois millièmes de son poids de diastase pure.

azotée que l'on sépare à l'aide d'une filtration. La solution filtrée, précipitée par l'alcool, donne la diastase impure; on la purifie par trois solutions dans l'eau et précipitations par l'alcool en excès. Recueillie sur un filtre, elle est enlevée humide, puis desséchée en couche mince, sur des lames en verre dans un courant d'air sec ou dans le vide sec à 40 ou 45°. Cette opération peut être rendue plus économique en évaporant les solutions au bain-marie dans le vide au-dessous de 70°, avant de précipiter la diastase par l'alcool.

3435. Lorsque l'extraction de la diastase a été faite avec soin, son énergie est telle qu'une partie en poids suffit pour liquéfier et convertir en dextrine ou sucre deux mille parties de fécule.

Si l'on traite la fécule délayée à froid dans huit ou dix fois son poids d'eau, par 0,005 de diastase, en chauffant le mélange graduellement au bain-marie, la réaction s'opère surtout entre les températures de 70 à 80°; elle est telle souvent, que l'amidon se dissolvant au fur et à mesure qu'il s'hydrate, les grains gonflés disparaissent successivement, et ce mélange n'acquiert pas un seul instant la consistance d'empois. On s'assure aisément avec la solution d'iode si la totalité de l'amidon est transformée, ce qui a lieu au bout de trois heures de réaction quand la diastase est bien pure.

Une légère proportion de substance amylacée reste quelquefois engagée dans le mélange, sans que sa présence soit décelée par l'iode; mais séparée du sucre par l'alcool, elle reste avec la dextrine et s'en isole ensuite, lorsqu'on dissout celle-ci dans l'alcool faible à 0,35 ou 0,4.

Dans la fécule préalablement hydratée, l'amidon gonflé ayant une cohésion moindre, est plus rapidement transformé par la diastase.

Lorsque, par exemple, une proportion suffisante de diastase est projetée dans l'empois épais, à la température

de 70 à 75°, qu'une vive agitation multiplie les points de contact où la réaction s'opère, la liquéfaction est presque subite.

Si on place dans une petite cavité, entre deux lames de verre, quelques gouttes de solution étendue de diastase et plusieurs grains de fécule, et qu'on chauffe graduellement sous le microscope, en observant avec attention, on voit les grains se gonfler, puis s'évanouir aussitôt ; ils disparaissent tous successivement ainsi, dès que la réaction vive commence, entre 65 et 70°.

Après la réaction complète de la diastase, il ne reste plus d'insoluble que des traces de corps étrangers qui adhéraient à l'amidon, tels que des débris de cellules, de l'albumine, des carbonate et phosphate de chaux, de la silice, et parfois une huile essentielle à odeur désagréable. Ces matières varient suivant les différentes fécules et les soins apportés à leur épuration. Leur proportion excède rarement 0,01, et parfois atteint à peine 0,001 du poids total (1).

Voici maintenant quelques observations intéressantes faites par M. Guérin, relativement aux circonstances diverses dans lesquelles la diastase peut réagir.

A une température de 70 à 75° environ, 100 parties d'amidon avec 1,000 parties d'eau, et 1,7 parties de diastase, ajoutée en deux fois, n'ont donné que 17 parties de sucre.

Il est résulté d'une deuxième expérience que 100 parties

(1) Pour débarrasser l'amidon de pommes de terre des corps adhérents à la superficie de ses granules, il suffit de le traiter alternativement par l'acide chlorhydrique étendu de 500 parties d'eau, la potasse ou la soude caustiques étendues de 2000 fois leur poids d'eau, et l'alcool. On a soin d'opérer un lavage complet à l'eau pure et chauffée de 40 à 50°, après la réaction de chacun de ces agents. L'amidon est alors d'une blancheur éclatante ; il se dissout sans reste appréciable dans l'eau, par la diastase comme par l'acide sulfurique. On pourrait ajouter aux agents épurateurs l'acide acétique fort et l'eau saturée d'ammoniaque, qui n'attaquent point la fécule.

d'amidon, converties en empois avec 3,900 parties d'eau, puis mêlées avec 6,13 parties de diastase, dissoutes dans 40 parties d'eau, fournissent, entre les températures de 60 et 65°, environ 87 de sucre.

M. Dubrunfaut est parvenu à convertir toute la fécule en sucre, en augmentant la quantité d'eau et celle d'orge germé.

La réaction de la diastase a lieu dans le vide; à 20° et après vingt-quatre heures, 12,25 de diastase produisent, avec 100 parties d'amidon converti en empois, 77,64 de sucre. A froid, la diastase fluidifie encore l'empois; à 0°, même, un résultat semblable eut lieu, et 100 parties d'amidon fournirent 12 de sucre, que l'on détermina par les produits de la fermentation. C'est sans contredit un résultat surprenant que la diastase, qui n'est ni acide ni alcaline, puisse liquéfier et saccharifier aussi rapidement l'empois, à la température de la glace fondante.

Enfin, en prévenant la congélation à l'aide du sel marin, M. Guérin est parvenu à voir que la diastase fluidifie l'empois d'amidon entre —12° et —5°, et qu'il ne se produit pas la moindre quantité de sucre dans ce cas, mais bien exclusivement de la dextrine.

3436. Lorsque la réaction de la diastase sur l'amidon ne laisse plus aucune particule colorable en violet-rougeâtre par l'iode, le produit contient de la dextrine et du glucose.

Pour obtenir la dextrine pure, il faut dissoudre la masse par l'alcool faible, précipiter par l'alcool, et répéter jusqu'à dix fois cette épuration; alors elle se dessèche sans adhérer aux corps polis, tandis que son mélange avec le glucose adhère au verre et à la porcelaine, au point que desséché on ne l'enlève qu'avec peine et en arrachant les parties superficielles de la substance des vases.

Voici d'abord les caractères communs à ces deux substances et qui les distinguent de l'amidon.

Elles sont très solubles dans l'eau et dans l'alcool faible;

dissoutes dans l'eau, elles ne sont pas précipitées par le tannin, le sous-acétate de plomb, la chaux ni la baryte; l'iode ne les colore pas en bleu.

Le charbon d'os, ni l'alumine en gelée, aucun des composés binaires, des acides, des oxydes, des sels métalliques, soit neutres, soit à réaction acide ou alcaline, essayés isolément, ne précipitent le glucose ni la dextrine ainsi obtenus. L'alcool à 95 centièmes ou anhydre ne dissout ni l'un ni l'autre.

Toutefois, les propriétés caractéristiques suivantes séparent nettement l'un de l'autre ces deux produits de la réaction de la diastase :

Le glucose est dissous par l'alcool à 84 centièmes, tandis que la dextrine en est précipitée. Celle-ci est très soluble dans l'alcool à 0,30, moins dans l'alcool à 0,45, et insoluble dans l'alcool à 0,80.

Le glucose offre une saveur sucrée, tandis que la dextrine, légèrement mucilagineuse, est sans saveur.

Sous l'influence de la levure, de l'eau et d'une température convenable, le glucose se transforme en alcool et en acide carbonique. Placée dans les mêmes circonstances, la dextrine ne donne pas d'alcool; c'est elle qui communique à la bière sa propriété mucilagineuse, qui retient l'acide carbonique. C'est donc elle qui rend la mousse persistante, dans la bière obtenue par la diastase et la fécule, ce qui la distingue de celle qu'on a essayé de préparer avec d'autres matières sucrées, contenant peu ou point de substances gommeuses. C'est encore à cette matière que l'on doit attribuer les effets de la bière dans quelques applications à la peinture, effets reproduits et variés dans les applications de la dextrine.

La dextrine, sous l'influence de quatre à cinq volumes d'eau, aiguisée d'un centième d'acide sulfurique, chauffée à 100°, se transforme en glucose identique avec celui que produit la diastase.

Enfin, les expériences de M. Biot ont prouvé que la dextrine obtenue par la diastase exerce une déviation à droite sur le plan de polarisation de la lumière, au même degré pour des masses égales, que l'amidon à l'état normal.

Les *sucres* obtenus de l'amidon par la diastase ou par l'acide sulfurique, et celui de diabète, que j'ai désignés sous le nom de glucose, sont doués tous trois d'un même pouvoir de rotation à droite; mais ils l'exercent avec une intensité considérablement moindre que la dextrine.

3437. En comparant la composition de la substance amylacée et celles de ces deux dérivés, on peut concevoir l'espérance de faire naître un corps intermédiaire du plus haut intérêt.

En effet, l'amidon ainsi que la dextrine peuvent se représenter par la formule :

$$C^{24} H^{20} O^{10}.$$

Le glucose provenant de l'hydratation de l'amidon est représenté par

$$C^{24} H^{24} O^{12},$$

tandis que le sucre de canne, soit crystallisé, soit uni à la chaux ou à la baryte, équivaut à

$$C^{24}, H^{22}, O^{11},$$

c'est à dire que le sucre de cannes constitue une combinaison exactement intermédiaire entre le point de départ, amidon ou dextrine, et le produit définitif, c'est à dire le glucose au maximum de dessiccation.

Il semble donc que, pour changer la fécule amylacée en sucre de canne, il suffirait d'arrêter à point son hydratation, de ménager les proportions des agents ou les circonstances de l'expérience, de manière à tomber directement sur ce corps intermédiaire si précieux sous tous les rapports.

## FABRICATION DE L'AMIDON.

Les matières premières employées à la confection des amidons du commerce, sont ordinairement les farines de blé, de seigle et d'orge, et les remoulages de ces farines. On peut encore, sans inconvénient, se servir de farines altérées et impropres à la nourriture de l'homme; car si dans ces produits, le gluten, l'albumine, le sucre, ont subi des changements, l'amidon, presque en totalité, y est resté intact.

Il existe deux procédés bien distincts pour séparer l'amidon du gluten; l'un, le plus ancien, et le plus employé encore, consiste à altérer profondément les farines, par une longue fermentation; le gluten est rendu soluble et l'amidon peut facilement, mais non sans perte, en être séparé; il devrait être réservé pour le traitement des matières premières déjà avariées. L'autre procédé, plus nouveau, évite les longueurs, l'insalubrité et les pertes occasionnées par une fermentation putride, et n'exige en retour qu'un peu plus de main-d'œuvre ou une action mécanique. Dans ce dernier cas, comme nous le verrons, le rendement en amidon est plus considérable, et le gluten intact peut servir à différents usages.

### 1° *Extraction de l'amidon par fermentation.*

3438. Ce procédé consiste à délayer, aussi bien que possible, la farine dans des eaux sûres provenant de précédentes opérations. Ces eaux, rendues acides par la production d'un peu d'acide acétique et lactique provenant de la fermentation du sucre que contiennent toujours les farines, renferment en outre des matières organiques qui servent de levain pour déterminer ou activer la fermentation.

Quinze à trente jours, suivant la température, sont nécessaires pour rendre le gluten entièrement soluble; les

eaux contiennent alors des acides carbonique, sulfhydrique, acétique et lactique, de l'acétate d'ammoniaque, des matières azotées, du phosphate de chaux, de la dextrine, et du gluten soluble.

La fermentation étant terminée, rien n'est plus facile que de séparer l'amidon.

Trois lavages successifs par repos et décantation, tels que ceux qu'on fait subir à la fécule pour la séparer des matières étrangères, enlèvent le gluten, les autres parties solubles, et les substances très divisées en suspension. Quand la dernière eau sort claire, on délaie de nouveau l'amidon brut dans de l'eau pure, et on le passe à travers un tamis de 70 à 80 mailles au pouce carré, qui retient les débris de tissu végétal et la plupart des matières étrangères insolubles. L'amidon, délayé de nouveau, est épuré plus complètement par un second tamisage au travers d'un tissu de soie moitié plus fin que le précédent. On laisse déposer, et avec une spatule on enlève la couche supérieure qui contient encore quelques substances brunes légères; l'amidon est alors égoutté dans des caisses percées de trous, ou des paniers recouverts intérieurement d'une toile. On complète l'égouttage en renversant les pains sur une aire épaisse en plâtre, puis on les découpe en quatre morceaux réguliers de 8 centimètres d'épaisseur sur 20 à 30 de hauteur et de largeur, en divisant le pain circulaire suivant deux lignes diamétrales à angles droits. Ces briques sont exposées pendant vingt-quatre à trente-six heures, si le temps est beau, dans un séchoir à air libre, semblable à ceux où s'opère la dessiccation de la fécule. Quand la surface des pains commence à s'écailler légèrement, il est temps, si l'on veut obtenir des aiguilles, d'envelopper les pains dans du papier maintenu par de petites ficelles, et de terminer la dessiccation dans une étuve à courant d'air chaud.

Dans cette dernière dessiccation, il faut prendre les mêmes précautions que celles qui seront indiquées pour la fécule,

c'est à dire que la température graduellement élevée ne doit pas, dans le commencement, dépasser 40°; elle peut être ensuite portée, sans aucun inconvénient, jusqu'à 50, 60 et même 80°. Sans cette précaution, l'amidon gonflé s'hydraterait en formant un empois difficile à dessécher, et qui d'ailleurs ne remplirait plus le but qu'on se propose.

Les aiguilles obtenues sont d'autant plus grandes que les pains sont plus gros. Cette forme en aiguilles que prend l'amidon, provient du retrait régulier et uniforme qu'éprouvent les pains quand la dessiccation est bien ménagée. On divise au contraire l'amidon comme la fécule, sur les tablettes de l'étuve, lorsqu'on ne se propose pas de l'obtenir en aiguilles.

### *Extraction de l'amidon par lavage.*

3439. Ce nouveau procédé, dû à M. Emile Martin, de Vervins, consiste à faire une pâte de la matière dont on veut extraire l'amidon, et à soumettre cette pâte à un lavage continu sur un tamis en toile métallique n° 120. On obtient, d'une part, dans le liquide, l'amidon suspendu, et la matière sucrée dissoute; de l'autre, sur le tamis, le gluten sans altération, si l'on opère sur de la farine de froment de bonne qualité.

La pâte se fait de la même manière que pour la confection du pain, mais on la tient un peu plus ferme; on emploie environ 40 d'eau pour 100 de la farine employée. On laisse reposer la pâte pendant une demi-heure en été, et une heure ou deux en hiver, avant de la laver, afin de bien hydrater le gluten.

La pâte faite avec les farines les plus belles peut être lavée vingt minutes après sa confection en été; les farines très grossières exigent un temps plus long, et qui peut varier de deux à six heures.

Le lavage de la pâte se fait sur une cuve à eau

convenablement disposée et proportionnée au nombre de *laveurs* qu'on veut employer. Au dessus d'elle, est placé un tamis métallique n° 120, doublé pour plus de solidité d'une toile n° 15, et ayant des rebords de 20 centimètres à peu près. Au dessus du tamis, un tube percé de trous injecte de nombreux filets d'eau très fins sur presque toute sa surface. Un robinet, qui alimente ce tuyau, règle à volonté l'écoulement.

Pour commencer l'opération, on remplit la cuve d'eau claire, fraîche en été autant que possible; le laveur, ou la laveuse, car une femme peut aussi faire ce travail, prend un morceau de pâte, de 5 kilogrammes environ, et le présente sous le tube. Ensuite, le posant sur le tamis, il le malaxe avec les deux mains, d'abord doucement, puis à mesure que le gluten se forme en filaments, avec plus de vivacité, jusqu'à ce que l'eau cesse de s'écouler blanchâtre.

Si la matière première employée n'est pas assez riche pour former une pâte liée qui résiste à la gerbe d'eau et à la malaxation, tel est le cas avec les rebulets et les sons gras, aussitôt qu'elle est délayée sur le tamis, l'ouvrier prend une brosse molle et la promène dans le tamis de manière à faire passer l'eau à mesure qu'elle arrive; l'opération faite, il ferme le robinet, fait égoutter la matière en la pressant légèrement avec la main, la jette dans un baquet, et recommence une nouvelle opération.

L'eau qui tombe sous le tamis entraîne tout l'amidon que contient la pâte. Le liquide est d'un blanc parfait, si la matière employée est riche; mais comme il renferme toujours de petites proportions de gluten, on le soumet, dans une chambre chauffée à 20° environ, à une fermentation de vingt-quatre heures, aidée par le levain que produit l'espèce d'écume ou de levure de l'opération précédente.

On emploie pour purifier et dessécher l'amidon les

mêmes opérations et les mêmes précautions que nous avons indiquées pour l'ancien procédé.

Le froment de bonne qualité donnera par ce nouveau moyen, s'il est bien traité, 50 pour 100 de bel amidon; par l'ancien procédé, il n'en donnerait, toutes choses égales d'ailleurs, que 40.

On obtiendra, en outre, de l'amidon gras, plus léger que le précédent, et que l'on a soutiré lors des dépôts et lavages. On laisse reposer ce second produit pendant deux ou trois jours, on le met égoutter sur des claies garnies de toiles dans un endroit très aéré; quand il a acquis assez de consistance, on le découpe en morceaux, on termine la dessiccation à l'air libre ou à l'étuve, et on obtient ainsi encore 10 pour 100 d'amidon de deuxième qualité, d'un très bon emploi pour apprêter les étoffes de couleur, surtout les nuances foncées et grises. Dans quelques amidonneries, on fait de la bière avec ce produit pâteux, saccharifié par l'orge germé.

3440. Le gluten frais obtenu par le lavage de la pâte de farine, forme d'ordinaire un peu plus du quart en poids de la farine employée. Cette proportion varie, du reste, suivant la nature des céréales; dans les blés du midi de la France, elle est un peu plus forte; dans ceux de Sicile et de Barbarie, elle s'élève souvent à un tiers.

Ce gluten a besoin d'être nettoyé par un lavage qui lui enlève le petit son et quelques impuretés.

Séché, il perd les $^3/_5$ de son poids. Ses emplois assez limités, jusqu'à ce jour, pourront devenir nombreux par la suite. On ne peut guère l'employer à la panification qu'à l'état frais, et dans les proportions de $^1/_6$ ou $^1/_4$ au plus; il rend le pain beaucoup plus nourrissant.

Joint à la fécule de pommes de terre seule, le pain que ce gluten forme est fade et lève difficilement; mais, si l'on ajoute une assez forte proportion de pommes de terre cuites

à la vapeur et écrasées, on obtient un pain de bien meilleure qualité et se conservant bien.

Il est probable, comme l'ont laissé entrevoir les dernières expériences de M. Robine, que les pommes de terre seules, bouillies, mélangées avec une certaine quantité de gluten qui en ferait un pain artificiel en augmentant leur qualité nourrissante, formeraient un aliment économique et d'une bonne qualité.

Le gluten, frais et pur, est encore propre à faire du vermicelle, en y ajoutant assez de farine, pour le durcir convenablement, il permet d'obtenir d'aussi bonne pâte à macaroni qu'en employant les plus belles farines de blés d'Asie. La quantité de farine doit être calculée de façon à conserver la résistance du vermicelle au délayage.

Le gluten frais se conserve, sans altération, vingt-quatre à trente-six heures pendant l'été, et deux ou trois jours en hiver; passé ce temps, il s'aigrit et se liquéfie.

En cet état, il est encore très bon pour la nourriture des animaux; il suffit de le pétrir avec du son pour en former des pains, qu'on cuit au four et qu'on fait tremper quelques heures, à l'avance, pour les employer.

Le gluten de 500 kilog. de farine pétrie avec 75 kilog. de son, donne 200 kilog. de pain. Les animaux le mangent encore avec plus de plaisir, si on ajoute à la pâte un peu de sel ou de mélasse de betteraves.

Le seul moyen de conserver longtemps le gluten consiste à le dessécher à une douce température.

Sec ou frais, le gluten peut être employé par les distillateurs avec beaucoup d'avantage, non seulement pour saccharifier les fécules, mais pour obtenir avec les sirops de fécule, les mélasses, etc., des fermentations promptes où il joue le rôle de ferment.

Abandonné à lui-même, à une chaleur de 15 à 18° pendant sept à huit jours, le gluten devient aigre et perd son élasticité; il s'unit à l'eau, s'étend au pinceau, forme une

véritable colle sans mauvaise odeur, qui peut se conserver huit à dix jours. Cette colle peut être séchée dans une étuve et conservée pour l'usage.

Les eaux de lavage des amidonneries contiennent toutes les parties solubles des farines, et entre autres la matière sucrée. On peut utiliser cette dernière en ajoutant à l'eau une quantité de mélasse suffisante pour amener le liquide à 7 ou 8° au pèse sirop. On peut se servir dans le même but de l'*amidon gras* saccharifié avec de l'orge germé. On met en fermentation le mélange par une addition de levure ou de gluten, puis en distillant on peut retirer tout l'alcool.

Ces eaux peuvent encore servir économiquement à fabriquer de la bière; pour cela on les amène également au degré convenable par une addition de sirop de dextrine ou de mélasse, puis on fait bouillir 2 hectolitres du jus avec 2 kilogr. de bon houblon, et on termine la fabrication comme à l'ordinaire.

### FABRICATION DE LA FÉCULE.

3441. Depuis plusieurs années, la fécule a reçu de nouvelles et nombreuses applications, et son extraction donne lieu maintenant à une industrie d'une grande importance. On peut en juger lorsqu'on se rappelle que ce produit, d'une conservation extrêmement facile, peut, jusqu'à un certain point, remplacer la farine de blé, et met ainsi les pays qui cultivent la pomme de terre à l'abri de toutes chances de disettes, en faisant venir les années d'abondance au secours des années de stérilité.

Outre son mélange avec la farine, la fécule sert à confectionner une foule de produits alimentaires connus sous les noms de semoule, tapioka, gruau, etc., etc. Une des applications les plus importantes de la fécule, est celle qui a pour but sa transformation en sucre de raisin, ou glucose, et qui la fait servir sous cette forme à la préparation et à l'amélioration de plusieurs boissons et liqueurs alcoo-

liques; on en consomme pour cet usage des masses considérables.

Rien de plus facile que l'extraction de la fécule; il suffit en effet pour l'obtenir de réduire, par un moyen quelconque, la pomme de terre en pulpe très fine, et de laver celle-ci sur un tamis métallique; la fécule, entraînée par l'eau traverse le tamis, tombe dans un récipient, et se rassemble par le repos au fond du vase. La pulpe épuisée, au contraire, reste sur le tamis et peut servir à différents usages, notamment à la nourriture des bestiaux.

Plusieurs lavages à l'eau pure enlèvent à la fécule les parties plus lourdes ou plus légères qu'elle; la dessiccation, d'abord à l'air libre, puis dans une étuve à courant d'air chaud, finit par donner à ce produit l'aspect que tout le monde lui connaît.

Ajoutons que de toutes les plantes nutritives c'est la pomme de terre qui donne à surface égale de terrain le plus de matière sèche et utile; on en jugera par le tableau suivant, qui indique pour un hectare la quantité de pommes de terre récoltée, comparativement à plusieurs autres plantes :

| | Matière verte. | Matière sèche. |
|---|---|---|
| Pommes de terre..... | 21,000 kil. | = 5,119 kil. |
| Topinambours..... | 19,100 | = 3,859 |
| Betteraves..... | 28,000 | = 3,200 |
| Navets..... | 18,000 | = 1,115 |
| En blé..... | 16 hectolitres | = 1,200 |

La même étendue de terrain, comme on le voit, donne à peu près quatre fois plus de matière nutritive en pommes de terre qu'en blé. Par tous ces motifs, il serait inutile d'insister plus longtemps sur l'importance agricole de la pomme de terre; personne n'ignore les services qu'elle a rendus dès son introduction en Europe, et tout le monde peut apprécier les services plus grands encore qu'elle est appelée à rendre depuis qu'elle a donné naissance à l'in-

dustrie qui nous occupe, et par suite à une foule d'heureuses applications.

3442. La meilleure variété à employer dans la fabrication de la fécule, est celle connue sous le nom de *patraque jaune*; elle donne à poids égal le rendement maximum de fécule, facile à extraire.

Dans une grande usine, il est quelquefois nécessaire de conserver les grandes masses de tubercules dont on a besoin pendant la durée de la campagne; on peut y parvenir avec des chances égales, par tous les procédés employés pour la conservation des betteraves; nous renvoyons donc, pour les détails, à la fabrication du sucre indigène.

Les opérations nécessaires pour obtenir la fécule telle qu'on la connaît dans la consommation, sont au nombre de sept, savoir :

1° Lavage des tubercules;

2° Râpage id.

3° Tamisage de la pulpe;

4° Lavage de la fécule brute;

5° Egouttage de la fécule lavée, 1° dans les bachots; 2° sur une aire en plâtre;

6° Dessiccation de la fécule, 1° à air libre; 2° dans une étuve à courant d'air chaud;

7° Blutage de la fécule, mise en magasin, etc. Nous allons revenir sur chacune de ces parties, et leur donner tout le développement nécessaire.

Le lavage des pommes de terre s'opère absolument de la même manière que celui des betteraves, à la main, ou au moyen du laveur mécanique dont nous avons donné les dessins planche XCIII.

Les pommes de terre, bien exemptes de terre et de cailloux, sont immédiatement portées dans une trémie qui les distribue peu à peu au cylindre dévorateur.

La râpe que l'on emploie est semblable à celle employée dans la fabrication du sucre indigène; seulement les tuber-

cules n'ont pas besoin d'être appuyés contre le cylindre dévorateur, le poids des pommes de terre contenues dans une trémie suffit pour que le râpage se produise d'une manière satisfaisante.

Une autre différence essentielle, c'est que les lames de scies doivent avoir des dents beaucoup plus courtes, afin que toutes les cellules soient atteintes, et que la fécule puisse ensuite s'extraire par un simple lavage, et par un frottement aussi léger que possible. Nous ajouterons que les meilleures râpes seront toujours celles dont on pourra rechanger les lames facilement et sans perte de temps.

Outre la condition importante que nous avons signalée plus haut, les cylindres râpeurs fonctionnent d'autant mieux et donnent de la pulpe d'autant plus fine, que la vitesse qui leur est imprimée est plus grande; ils font en général de 600 à 900 tours par minute, et comme ces cylindres ont à peu près $0^m,50$ de diamètre, ou $1^m,50$ de pourtour, il s'ensuit que les lames se meuvent avec une vitesse de 900 à 1,350 mètres par minute.

Un seul cylindre des dimensions ci-dessus et d'une largeur de 0,40 (ou longueur des lames), faisant 800 tours à la minute, peut réduire en pulpe 14 à 15 hectolitres de pomme de terre par heure; par un calcul facile à faire, on verra que, pour obtenir cette quantité de pulpe, il a fallu une surface dévorante égale à 29,000 mètres carrés par heure.

En général, les pommes de terre renferment de 15 à 22 pour 100 de fécule sèche, seulement 3 pour 100 au plus de tissu cellulaire; le reste se compose d'eau et de quelques sels particuliers.

Le but du tamisage de la pulpe est de séparer la fécule de toutes les substances étrangères, et notamment du tissu cellulaire qui, étant plus grossier, reste sur le tamis au travers duquel passe la fécule.

En sortant de la râpe, la pulpe se rend directement dans l'appareil destiné à effectuer cette séparation.

3443. Plusieurs systèmes d'appareils ont été employés pour extraire aussi complètement que possible la fécule contenue dans les pommes de terre ; le plus ancien, qui est encore en usage dans quelques petites fabriques, est le tamis cylindrique de M. Saint-Etienne figuré pl. LXXXII. Ce moyen d'extraction, d'une assez grande simplicité, présente plusieurs graves inconvénients qui ont limité son emploi. En effet, il laisse beaucoup de fécule dans la pulpe et l'extraction n'est qu'intermittente, c'est à dire qu'à chaque instant il faut remplir l'appareil de pulpe neuve, et attendre pour en remettre de nouvelle que la première soit épuisée et expulsée du cylindre.

M. Lainé a voulu éviter la perte de fécule et l'intermittence, en rendant d'une part l'appareil continu, et de l'autre en prolongeant le temps nécessaire à l'entière extraction de la fécule, sans cependant diminuer la vitesse du travail. Il y est parvenu au moyen de l'appareil connu sous le nom de tamis incliné, et qui est expliqué suffisamment dans les planches LXXXIII et LXXXIV et dans leurs légendes respectives. Comme on le voit, il se compose d'un plan incliné très long, formé de deux rangs de chassis métalliques placés au dessus d'une bâche de même longueur et divisée en compartiments. La fécule tombe du cylindre dévorateur dans un espace ménagé à la partie la plus déclive du plan incliné. Là, deux chaînes de Vaucanson, sans fin, recevant leur mouvement chacune de deux tambours, l'entraînent sur les deux rangs du châssis et la conduisent, par une friction continuelle, jusqu'à la partie supérieure du plan incliné, où la pulpe épuisée est déversée au dehors. Des jets d'eau, ménagés sur toute la longueur du plan incliné, injectent ce liquide sur la pulpe. La fécule entraînée à travers la toile métallique des châssis, tombe dans un des compartiments de la bâche et revient au moyen de tubes sur le châssis inférieur. L'eau se charge de plus en plus de fécule en passant successivement sur tous

les châssis, et sort enfin du dernier compartiment de la bâche pour se réunir dans des cuves de dépôt.

Cet appareil, on le voit, est construit sur un principe très rationnel; d'un côté, en effet, l'eau se charge de plus en plus de fécule en rencontrant de la pulpe de plus en plus fraîche; d'un autre côté, au contraire, la pulpe de plus en plus épuisée est lavée par de l'eau de plus en plus pure.

Un inconvénient du tamis incliné, c'est la longueur considérable qu'il doit avoir pour que la pulpe soit bien épuisée; à Neuilly, elle a été portée à 20 mètres; cette disposition nécessite donc un emplacement très grand, et doit donner lieu à de fréquentes réparations.

M. Dailly, dans sa féculerie de Trappes, près de Versailles, a remédié en partie à ces inconvénients par l'adjonction d'un second tamis placé à 0,35 au-dessus du premier, et qui lui est à peu près parallèle. La pulpe arrivée à la partie supérieure de l'ancien tamis, beaucoup moins long que celui de Neuilly, est remontée sur le tamis supérieur, et elle redescend jusqu'au point de départ de la pulpe fraîche, toujours entraînée par la chaîne sans fin; elle tombe alors dans une rigole qui la conduit au dehors.

Avec ce tamis perfectionné, double, on peut en 10 heures épuiser aussi complètement que possible 160 hectolitres de tubercules réduits en pulpe. Il reste toujours dans la pulpe épuisée 2 et 4 pour 100 de fécule du poids de la pomme de terre, qu'il ne serait pas possible d'enlever, même par des lavages énergiques. C'est que toutes les cellules n'ont pas été déchirées par la râpe. On voit par là quelle importance il faut attacher à la bonne construction des râpes, car, si elles étaient défectueuses, elles donneraient des déchets bien plus considérables que ceux que nous venons d'indiquer, et qui sont le minimum de ce que l'on peut atteindre maintenant.

La force exigée par la râpe et le tamis incliné est égale à quatre chevaux appliqués à un manège; le travail, comme

nous l'avons déjà dit, est de 160 hectolitres en 10 ou 12 heures.

3444. Plusieurs constructeurs de machines ont cherché à réunir les avantages de continuité et d'épuisement complet de la pulpe que présente le tamis incliné, dans des appareils plus simples, plus faciles à conduire et moins étendus que ce même tamis. Ils y sont plus ou moins bien parvenus dans les appareils que nous allons indiquer, et dont un ou deux sont très répandus et donnent de bons résultats. De nombreuses tentatives ont été faites dans la vue d'employer des cylindres analogues aux blutoirs pour la séparation de la fécule engagée dans la pulpe de pommes de terre ; les diverses modifications de ces blutoirs furent successivement abandonnées ; elles exigeaient trop d'eau, étaient difficiles à nettoyer, et surtout n'épuisaient pas les marcs.

M. Vernier est parvenu à écarter toutes ces difficultés, en construisant un appareil, formé de trois tronçons de cylindres, garnis de toiles métalliques, mais de diamètres différents ; tous trois sont sur le même axe : le premier est le plus étroit, le second est le plus large, et le troisième, vers le bout duquel arrive la pente, présente un diamètre intermédiaire à ceux des deux autres. Le but de cette disposition est de rompre à plusieurs reprises, et sans que le travail cesse d'être continu, la direction de la pulpe de façon à la retourner et à l'ouvrir dans plusieurs sens tandis qu'elle chemine.

La pulpe arrive à la partie supérieure du plus petit cylindre, tombe dans l'intérieur, puis aidée par le mouvement de rotation imprimé au système des trois cylindres, et de plus par l'inclinaison donnée à ces mêmes cylindres, elle les traverse successivement et sort épuisée par l'extrémité du cylindre moyen.

La fécule entraînée par l'eau se réunit dans la bâche placée au dessous des trois cylindres, et se rend dans un second tamis cylindrique épurateur, qui retient une grande

partie des débris de tissus et des corps étrangers qui échappent au premier tamisage.

Le tamis Vernier épuise assez complètement la pulpe, il fait autant d'ouvrage que le tamis incliné, n'exige pas plus de force, et tient beaucoup moins de place. Il est du reste employé dans un grand nombre de fabriques, où il donne de bons résultats.

M. Stolz, habile mécanicien de Paris, construit aussi un tamis cylindrique, d'un modèle particulier; il se compose d'une portion de cylindre fixe, garnie de toiles métalliques faciles à démonter, et d'un axe faisant mouvoir des palettes et des brosses, qui agitent la fécule et nettoient continuellement le tissu métallique. Une injection d'eau continuelle aide au départ de la fécule, qui se réunit dans une bâche placée au dessous du tamis cylindrique. Le tamis de M. Stolz peut épuiser aussi la pulpe de 160 hectolitres de pommes de terre en douze heures de travail; pour ce nombre, il n'occupe en longueur qu'une place de 4 mètres. Il est aussi employé avantageusement dans plusieurs fabriques.

M. Saint-Etienne, l'inventeur du premier tamis que nous avons décrit, a cherché ainsi que son fils, à perfectionner le tamis incliné de M. Lainé, sous le rapport de l'emplacement. Leur tamis se compose de plusieurs châssis métalliques, placés horizontalement et superposés les uns aux autres; la pulpe tombe de la râpe sur le châssis inférieur; elle est successivement montée au moyen des chaînes de Vaucanson sur tous les tamis; elle sort épuisée de dessus le châssis le plus élevé. Cette disposition n'a pas encore été assez employée pour qu'on puisse être certain des résultats qu'elle peut donner.

3445. Quel que soit le mode d'extraction, la fécule entraînée par l'eau se rend dans de grandes cuves, ou dans un grand nombre de tonneaux; au bout de quelques heures de repos elle est déposée, et on peut soutirer tout le liquide

surnageant. On met alors en suspension la fécule dans une nouvelle quantité d'eau pure, on fait reposer un instant pour laisser précipiter les corps lourds, tels que la terre, le sable, etc., et on filtre la fécule en suspension à travers un tamis assez fin. On répète cette dernière opération une ou deux fois, suivant le degré de pureté de la fécule, et on a soin de prendre des tamis de mailles de plus en plus serrées. Au dernier lavage, la fécule bien épurée de toutes lse substances étrangères, plus lourdes ou plus légères qu'elle, se précipite au fond des cuves et forme une masse assez dure, qu'il est facile de découper en morceaux de grosseur déterminée.

On porte ces pains dans des paniers légèrement coniques, garnis de toile; on tasse la fécule par quelques secousses imprimées à ces *bachots*, et on laisse reposer. Au bout de vingt-quatre heures, la fécule est assez égouttée pour qu'on puisse la retirer sous forme de pains capables de résister à de légers chocs; on porte alors ces derniers sur une aire en plâtre qui, en un temps très court, absorbe toute l'eau encore apparente. Cette aire en plâtre a deux décimètres d'épaisseur; elle forme ordinairement le plancher du séchoir à air libre qui, comme nous allons le voir, sert à la première dessiccation de la fécule.

Au bout de vingt-quatre heures d'exposition sur le plâtre, on divise les pains en sept ou huit morceaux, que l'on dispose sur des traverses de bois étagées et convenablement disposées pour obtenir une rapide dessiccation. (La pl. LXXXV, fig. 1 et 2, donne une idée de la disposition du séchoir.) La pièce où s'opère la dessiccation vaste, bien aérée, reçoit les vents les plus fréquents du pays, est à l'abri de la poussière des grandes routes, enfin permet d'augmenter ou de diminuer la vitesse de la dessiccation.

Après environ six semaines de séchage à air libre, on jette les fragments de pains sur le plancher du séchoir, qui doit être disposé à cet effet, quand on n'emploie pas une

aire en plâtre; on les écrase au moyen d'un rouleau en bois que l'on fait passer dessus, et la fécule grossièrement pulvérisée, et contenant encore 40 pour 100 d'eau interposée, est directement portée au séchoir à air chaud, où se termine sa dessiccation.

3446. Le séchoir à air chaud doit être construit pour une grande fabrique surtout, en observant les principes applicables à ces sortes d'appareils. Ainsi, la température veut être uniformément répandue dans tout le séchoir; il faut qu'on puisse à volonté élever ou abaisser cette température, suivant que les circonstances l'exigent; il importe que l'air saturé d'humidité s'échappe avec rapidité, car il nuirait à la vitesse de la dessiccation; enfin, l'appareil qui fournit l'air chaud doit être disposé de manière à utiliser le mieux possible le combustible qui échauffe l'air.

D'après ce que nous venons de dire, il ne faut donc pas, comme on le fait souvent, disposer la fécule dans une chambre fermée de toutes parts, de manière que l'air chaud ne puisse se renouveler qu'accidentellement, c'est la plus mauvaise des dispositions.

L'étuve de M. Chaussenot, qui remplit bien toutes les conditions, se compose de deux parties bien distinctes : l'une, qui est destinée à fournir l'air chaud nécessaire à l'évaporation; dans l'autre, la fécule est disposée de la manière la plus convenable pour être rapidement desséchée.

L'air chaud fourni par un bon calorifère est conduit dans l'étuve proprement dite au moyen d'un large tuyau de tôle qui le distribue uniformément dans toutes les parties où se trouve la fécule; les ouvertures pratiquées tout le long de ce tuyau peuvent, au moyen de registres, livrer passage à une quantité plus ou moins grande d'air. L'air chaud, après s'être chargé d'humidité en traversant la fécule placée sur des tiroirs, s'élance dans des canaux dont l'ouverture inférieure est placée à quelques centimètres du

fond du séchoir, et dont l'autre extrémité communique avec une cheminée qui puisse activer le tirage.

Lorsqu'on vient de placer la fécule sur les tiroirs du séchoir, il ne faut pas brusquer la température, parce que la fécule formerait, avec l'eau qu'elle contient encore en assez grande proportion, un empois ou magma dont on ne pourrait tirer aucun parti. Il faut au commencement de l'opération ménager l'arrivée de l'air chaud, et n'élever que peu à peu la température jusqu'au degré maximum de 110 degrés; à la fin du séchage, l'eau étant presque entièrement partie, il n'y a plus aucun danger.

La fécule perd encore à l'étuve de 8 à 15 pour 100 d'eau, suivant que la dessiccation à air libre a été poussée plus ou moins loin; elle est alors assez sèche pour être livrée au commerce; on retire les tiroirs, on les renverse sur le plancher placé en avant de l'étuve, on écrase la fécule avec un rouleau en fonte, on la relève en tas, et on la porte au bluteur mécanique.

3447. Nous avons donné pl. LXXXV, fig. 8, 9 et 10, les détails d'un blutoir mécanique. Il se compose d'un entonnoir cônique, dans lequel on verse la fécule; de deux tamis superposés à travers lesquels la fécule est successivement obligée de passer, par l'action de brosses mues rapidement par un arbre vertical; enfin d'un espace, placé au-dessous des tamis et qui reçoit la fécule filtrée. Des brosses, semblables aux précédentes, expulsent la fécule hors de l'appareil, on la reçoit directement dans des sacs, ou bien elle se rend dans des magasins disposés pour la conserver jusqu'à la vente.

La fécule sèche, sans mélange, et prête à être livrée au commerce, se présente sous la forme d'une poudre blanche offrant un grand nombre de points brillants, lorsqu'on lui fait réfléchir les rayons solaires. Elle est insoluble dans l'eau froide, beaucoup plus lourde que ce liquide; elle s'en précipite assez promptement et se tasse au fond des vases;

elle ne contient pas au dessous de 8 pour 100 d'eau, et elle ne doit pas en contenir plus de 15. Calcinée dans une capsule en platine, la fécule doit à peine donner de résidu, un demi centième au plus, provenant des sels insolubles contenus dans les eaux de lavages, et dans la pomme de terre elle-même. Enfin, traitée par la diastase elle doit, comme nous l'avons vu, se dissoudre sans laisser de résidu; c'est ce dernier caractère qui indique le plus sûrement le degré de pureté de la fécule.

Ces caractères de la fécule pure sont suffisants pour découvrir ces mélanges frauduleux que la bonne foi réprouve, et qui ne sont malheureusement que trop employés pour augmenter les bénéfices du fabricant. Il est un de ces mélanges qui est surtout nuisible dans la fabrication dn sucre de fécule, et qui a été la cause de pertes considérables; nous voulons parler du carbonate de chaux; ce corps, en se combinant à l'acide sulfurique, empêche la dissolution de la fécule, qui ne peut s'opérer qu'après la saturation du carbonate. Cette fraude est donc doublement nuisible au fabricant de sucre ou de sirop de fécule; mais nous le répétons, une simple calcination à air libre a bientôt découvert le mélange.

3448. La pulpe épuisée forme environ les 15 pour 100 des tubercules, et elle contient encore 5 de matière sèche, dont 3 de fécule qui a résisté aux lavages; c'est donc une bonne nourriture pour les bestiaux. Ce produit est d'un emploi bien plus satisfaisant, quand on le soumet à la pression et qu'on le fait ensuite dessécher sur une touraille.

Les eaux de lavage des féculeries, qui ont souvent causé tant d'embarras aux fabricants, à cause des matières azotées qu'elles contiennent en suspension, ou en dissolution, peuvent être appliquées toutes les fois que la position de la fabrique le permet, à l'irrigation des terres en culture; dans le cas contraire, on peut les perdre dans des puits ab-

sorbants; mais il faut en venir là, à la dernière extrémité, car ces eaux constituent un excellent engrais.

Pour donner une idée de l'importance de la fabrication de la fécule, nous dirons quelques mots sur ses applications les plus intéressantes.

Nous mettons au premier rang l'emploi de la fécule à la panification, parce que non seulement on évite ainsi les chances des disettes, mais encore qu'on diminue, dans toutes les saisons, le prix des aliments les plus nécessaires.

Outre cet emploi de première importance, la fécule sert à la préparation d'une foule d'aliments.

On emploie dans la fabrication du papier une masse considérable de fécule; on en jugera quand on saura qu'une seule fabrique de papier mécanique produisant une moyenne de 14 à 1,500 kilog. par jour, peut employer par an 15 à 16,000 kilog. de fécule. Dans la fabrication du papier, on a vu à quoi cette fécule est employée.

On emploie pour la fabrication de la dextrine, qui remplace sous bien des rapports la gomme du Sénégal, des quantités assez considérables de fécule.

Depuis que la fabrication du sucre de fécule est créée, elle consomme toutes les années une quantité de fécule qui s'élève maintenant à plusieurs millions de kilogrammes, et qui produit un égal poids de sucre en pains. La fabrication du sucre de fécule constitue une forme nouvelle et importante sous laquelle la pomme de terre va prendre place à côté du sucre de cannes dans nos aliments.

La fécule sert encore dans les apprêts.

3449. Terminons par quelques applications spéciales de ce corps aux essais ou analyses chimiques.

1° Une application intéressante de la réaction de l'iode sur l'amidon vient d'être faite par M. Dupasquier, elle consiste à essayer par une solution alcoolique d'iode titrée les eaux minérales *sulfureuses*, en ajoutant d'abord quelques gouttes de solution claire d'amidon dans l'eau dont on veut

faire l'essai. On comprend que l'iode agit de préférence sur l'acide sulfhydrique libre ou sur les sulfures ; qu'il forme de l'acide iodhydrique ou un iodure et précipite le soufre en se substituant à sa place. Mais dès que la saturation est complète, la première goutte de solution d'iode en excès agit sur l'amidon, la coloration caractéristique apparaît et indique d'une manière précise le terme de la saturation. Or, si l'on a employé un tube *alcalimétrique* gradué pour verser la solution d'iode, le volume qui manque peut indiquer directement la quantité d'iode et son équivalent en soufre ou en acide sulfhydrique.

Ce moyen facile et prompt permet d'analyser et de comparer entre elles, à différentes époques, les eaux minérales sulfureuses. Il est d'ailleurs d'une grande sensibilité, car on peut déceler la présence du composé sulfureux dans une solution renfermant seulement une goutte de solution saturée de sulfure de sodium pour un hectolitre.

2° L'eau chargée d'ammoniaque n'agit pas sensiblement sur la fécule, tandis qu'il ne faut pas un centième du poids du liquide en soude ou potasse, pour la faire gonfler énormément. Si l'on met en contact une solution de soude ou de potasse, et une solution de sulfate d'ammoniaque ou de tout autre sel ammoniacal, dans des proportions telles que les deux bases soient équivalentes, à l'instant la réaction est complète, il n'y a plus ni sulfate d'ammoniaque ni soude ou potasse libre. Le liquide ne conserve donc aucune action sensible sur la fécule, tandis que deux centièmes de l'une des bases fixes employées en excès suffisent pour rendre la fécule gélatiniforme. On peut donc exécuter ainsi l'essai des sels ammoniacaux.

3° La fécule portée à 100° dans 100 fois son poids d'eau, refroidie et filtrée, puis bleuie par un léger excès d'iode, devient tellement contractile sous l'influence des sels neutres, qu'elle peut faire distinguer les unes des autres, certaines eaux naturelles, notamment les eaux de rivière, des

eaux de source moins pures et à plus forte raison de la plupart des eaux de puits. En général, elle décèle la présence des plus faibles proportions de sels neutres, acides ou même légèrement alcalins.

Si l'on veut s'en servir pour comparer le degré de pureté relative de plusieurs eaux, on verse dans plusieurs éprouvettes quelques centimètres cubes de ce liquide bleu, puis on ajoute dans chacun des vases une quantité des eaux à essayer suffisante pour opérer la séparation de l'iodure bleu. L'eau dont il faudra le moindre volume pour produire cette sorte de coagulation sera la plus chargée de sels, quels qu'ils soient, car tous concourent à cet effet.

Il convient d'ajouter préalablement à chacune des eaux quelques gouttes d'iode, de manière à leur donner une nuance jaunâtre égale et légère. On reconnaît nettement ainsi les puretés relatives de l'eau distillée et des eaux de Seine, de l'Ourcq, des puits, etc.

L'eau de Seine, clarifiée par un demi-millième d'alun, se distingue immédiatement de cette même eau simplement filtrée. Ce mode d'essai pourra même devenir usuel dans les marchés relatifs aux distributions d'eau.

4° Une autre réaction de l'amidon permet de découvrir certaines falsifications du vinaigre, et notamment celles qui ont lieu par l'addition de l'acide sulfurique ou des acides acétique, chlorhydrique ou tartrique.

Que l'on mette dans une fiole 1 gram. de fécule et 100 centimètres cubes d'un vinaigre de vin, de grains ou de cidre ;

Que dans un mélange semblable on ajoute un demi-centième d'acide sulfurique, puis que l'on porte à 100° les deux liquides en les agitant ;

Le premier conservera, après une ébullition soutenue pendant trente minutes, une opacité lactescente, tandis que le second aura acquis une transparence qu'il conservera indéfiniment. Le dernier ne développera aucune coloration par l'iode, tandis que l'autre fournira de suite une couleur bleue intense.

## DEXTRINE.

3450. Nous avons déjà désigné sous ce nom la substance gommeuse dans laquelle l'amidon se transforme si aisément, par une modification isomérique, sous l'influence de la diastase, des acides, de l'eau elle-même et de divers ferments.

La dextrine possède exactement la même composition que l'amidon, $C^{24} H^{20} O^{10}$; mais elle est soluble dans l'eau à froid ou à chaud. Ses dissolutions, parfaitement limpides, peuvent en se concentrant prendre l'état sirupeux et conserver par la solidification l'état amorphe de la gomme arabique.

Pure, la dextrine est incolore, toujours incrystallisable; ordinairement, elle est un peu colorée en jaune ou en brun.

Insoluble dans l'alcool absolu, elle se dissout dans l'alcool faible.

L'iode ne la colore pas.

Nous avons vu plus haut sous quelles influences l'amidon peut se désagréger et se convertir en dextrine; parmi les divers agents qui opèrent cette transformation, deux surtout, la chaleur seule ou la chaleur aidée de quelques millièmes d'acide azotique, sont mis à profit pour la préparation de la dextrine commerciale. La matière première est en général la fécule des pommes de terre.

Le premier procédé exige des précautions bien prises, pour élever vite et très uniformément la température de toute la fécule ordinaire au degré où la réaction s'opère. Celle-ci varie de 140 à 160 degrés, suivant que la température se répartit plus ou moins vite avant que les 0,18 d'eau hygroscopique soient entièrement exhalés, suivant aussi que le produit doit être plus ou moins soluble.

Comme les consommateurs exigent la plus faible coloration possible, il importe que dans toute la masse la réaction ait lieu simultanément, et qu'aussitôt qu'elle est accomplie on enlève la dextrine ou fécule *grillée*. A peine l'effet utile est-il produit que déjà la coloration rousse commence

et se fonce de plus en plus. On est parvenu à réunir les conditions favorables, en chauffant la fécule en couche peu épaisse dans une chaudière plate à double fond, chauffée par l'intermédiaire de l'huile et munie d'un agitateur et d'une bonde qui permet de faire couler toute la fécule, dès que le terme voulu est atteint.

Un autre appareil propre au même usage, consiste en une étuve placée au dessus du four continu à cuire le pain. Elle est chauffée par la circulation de l'air qui passe autour du foyer, et dans les nombreux carreaux d'une épaisse maçonnerie; la température est ainsi rendue assez constante, et d'ailleurs on peut facilement examiner l'état de la fécule en tirant au dehors les tiroirs sur le fond desquels elle est étendue. Ici encore la nuance rousse, plus ou moins foncée, est l'indice du degré de solubilité acquis par la fécule.

Un procédé découvert par M. Payen, mais qui a fait l'objet d'un brevet d'invention appartenant à M. Heuzé, donne la dextrine plus soluble et beaucoup plus blanche que les moyens précédents. La fécule doit être imprégnée d'abord d'environ 0,002 d'acide azotique à 40°, et afin de répartir bien également une aussi minime quantité, on l'étend d'eau en proportions telles que la fécule puisse absorber tout le liquide. Par exemple, pour 1000 kilog. de fécule sèche, on prend 2 kilog. d'acide azotique que l'on délaye dans 300 kilog. d'eau; on mélange tout le liquide avec la fécule, puis on fait dessécher celle-ci en petits blocs dans un séchoir. Après l'avoir égrenée, on la dessèche ensuite dans une étuve à courant d'air, en élevant par degrés la température jusque à 60 ou 80°.

Alors on émotte et l'on tamise la matière de même que dans la préparation de la fécule ordinaire, puis on la porte dans une étuve à température constante chauffant de 100 à 110°.

La conversion en dextrine pourrait même avoir lieu complètement à 100, et elle en serait plus blanche; mais l'opération serait trop lente pour qu'il y eût économie.

La dextrine ainsi obtenue convient pour les apprêts des étoffes blanches ou teintes en nuances légères.

3451. Il nous reste à parler des applications de la dextrine. Nous distinguerons sous ce rapport la dextrine sirupeuse ou liquide, plus ou moins sucrée, obtenue par la réaction de la diastase de la dextrine pulvérulente ou *fécule soluble et gommeuse*.

La première, soit fabriquée à part, soit résultant de la dissolution de la fécule dans la trempe des brasseurs, sert à la confection de la bière; amenée à l'état sirupeux, on peut l'employer dans diverses préparations alimentaires, notamment pour édulcorer et gommer des tisanes, pour fabriquer des pains de luxe dits de dextrine. Sa qualité hygroscopique la rend propre à fabriquer des feutres et des rouleaux d'imprimerie, à tenir humide le parou des tisserands, etc.

La dextrine pulvérulente, d'un transport et d'un emploi beaucoup plus facile, devient chaque jour plus usuelle dans les apprêts, encollages, applications des mordants, impression et gommage des couleurs, composition des bains mucilagineux à imprimer sur soie, collage des papiers à lavis, etc.

Une des applications les plus utiles est celle qui en a été faite dans ces derniers temps pour maintenir les fractures. On le concevra sans peine si l'on songe que les bandages à la dextrine, légers et solides, maintiennent parfaitement les membres fracturés sur lesquels ils se sont moulés. S'il y a convenance de débrider une partie ou la totalité du bandage, il suffit de mouiller avec de l'eau tiède : on enlève les bandes qu'on peut remplacer par d'autres enduites de dextrine et que l'on serre moins à volonté.

M. Félix D'Arcet a disposé un petit appareil fort commode pour dextriner les bandes ; il permet de préparer ainsi et d'enrouler une longueur de 12 mètres en trois minutes. On emplit la petite mesure qui contient 100 gram. de dextrine, on la verse dans un bol ou une terrine, et l'on

y ajoute 60 grammes d'eau-de-vie camphrée ordinaire, qui se trouve immédiatement dosée en remplissant de ce liquide la portion *b c* de la double mesure.

On délaye la dextrine très vite et facilement, car elle ne s'hydrate que peu à peu en enlevant de l'eau à l'*alcool :* au bout de cinq minutes, le mélange acquiert la consistance du miel, on y ajoute 40 grammes d'eau que l'on obtient en remplissant la portion *b d* de la double mesure retournée ; on malaxe bien et la liqueur est prête.

Versée dans l'appareil, on plonge la bande enroulée sur le petit cylindre à manivelle, et le rouleau dextriné s'emploie immédiatement suivant les doses approximatives suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| Une fracture de la clavicule exige | | 400 gr. de dextrine sèche. |
| id. | cuisse . . . . | 300 |
| id. | jambe . . . . | 200 |
| id. | avant-bras . . | 150 |

On a proposé de remplacer les bandes dextrinées par des bandes enduites d'empois ; mais la préparation de celles-ci est plus lente, moins constante, la dessiccation moins prompte, la levée des appareils plus difficile, enfin aujourd'hui le prix de la dextrine n'est pas plus élevé que celui de l'amidon.

## INULINE.

3452. Cette substance a été découverte par Rose, dans la racine de l'*Inula helenium*, à laquelle elle doit son nom. On lui a aussi donné les noms d'*hélénine*, d'*alantine*, de *dasticine* et de *dahline*.

On l'a retrouvée dans les racines de l'*Angelica archangelica*, de l'*Anthemis pyretrum*, du *Colchycum autumnale*, du *Georgina* (*dahlia*) *purpurea*, dans le topinambour (*Helianthus tuberosus*), dans les racines du *Cichorium intybus* et du *Leontodon taraxacum*, et il est probable qu'elle

se trouve assez généralement dans la famille des radiées ; en outre, on la rencontre dans le *Dastica canabina*, dans le *Lichen fraxineus* et dans le *Lichen fastigiatus*.

C'est la racine du dahlia qui fournit la plus grande quantité d'inuline ; mais il est également très facile de l'extraire de l'inula helenium et du topinambour. On râpe ces racines, on les lave, on les exprime, on les fait bouillir avec de l'eau, et on filtre la dissolution bouillante à travers un linge. Si elle est trouble, on la clarifie au blanc d'œuf. On l'évapore ensuite jusqu'à pellicule, et on la laisse refroidir; l'inuline s'en dépose sous forme pulvérulente. On la recueille sur un filtre, on la lave bien et on la sèche. Dans le topinambour on trouve 3 p. cent d'inuline ; les racines d'inula helenium, celles de leontodon taraxacum, celles du dahlia et celles de chicorée en contiennent 12 p. cent.

L'inuline est amorphe, blanche, pulvérulente, très fine, sans saveur, inodore ; sa pesanteur spécifique est de 1,3. Chauffée un peu au dessus de 100°, elle perd de l'eau et entre en fusion ; après le refroidissement, elle forme une masse grisâtre, écailleuse, facile à réduire en poudre. Cette masse a une saveur douce et gommeuse, et l'alcool en extrait une matière brune, en laissant de la gomme, soluble dans l'eau en toutes proportions. A feu nu et à la distillation sèche, elle se comporte comme l'amidon.

L'iode la jaunit et la rend insoluble dans l'eau froide.

L'inuline ne se dissout qu'en très petite quantité dans l'eau froide ; cent parties de ce liquide en dissolvent deux d'inuline : elle est au contraire très soluble dans l'eau bouillante, et forme avec elle une dissolution mucilagineuse, mais qui n'a point cependant la consistance de l'empois. Quand on évapore la dissolution, l'inuline se rassemble sous forme d'une pellicule mucilagineuse à la surface du liquide et se dépose par le refroidissement, à l'état de poudre formée de grains de 3 centièmes de millimètre. Si l'on fait bouillir pendant longtemps la dissolution aqueuse d'inuline, celle-ci perd la propriété de se déposer pendant le refroidissement et de-

vient gommeuse. L'inuline, séchée à l'aide de la chaleur, forme, comme le sagou, des masses dures, jaunâtres, translucides.

Elle est insoluble dans l'alcool froid, et ce liquide la précipite de sa dissolution dans l'eau ; l'alcool bouillant en dissout une petite quantité qui se dépose, par le refroidissement, sans avoir subi d'altération.

Les acides étendus la dissolvent facilement et la transforment, à l'aide de l'ébullition, en glucose, mais moins facilement que lorsqu'on opère sur l'amidon ordinaire. L'acide nitrique convertit l'inuline en acide malique et oxalique, sans trace d'acide mucique.

L'inuline se comporte avec les bases salifiables, comme l'amidon. La potasse caustique la dissout, et quand on sature l'alcali par un acide, l'inuline se précipite. L'eau de baryte trouble la dissolution d'inuline, mais le précipité est soluble dans l'eau bouillante ; les eaux de strontiane et de chaux ne la précipitent pas.

La dissolution d'inuline est précipitée par l'infusion de noix de galles ; si on chauffe ce mélange, jusqu'à l'ébullition, le précipité se redissout.

Lorsque l'inuline et l'amidon ordinaire sont mêlés dans une dissolution chaude, l'amidon se précipite avec l'inuline par le refroidissement, quand celle-ci prédomine ; mais si c'est l'amidon qui est en excès, l'inuline reste dissoute.

La composition de l'inuline est identique avec celle de l'amidon, d'après M. Mulder.

## CHAPITRE III.

### Sucres de cannes et de betteraves. Glucose ou sucre de raisin, d'amidon, etc. Sucre de lait.

3453. La saveur douce d'un grand nombre de produits organiques, analogue à celle du sucre ordinaire, a servi d'abord de caractère générique et a fait donner le nom de *Sucres* à des matières fort différentes les unes des autres. Cette dénomination a été restreinte plus tard à des produits doués d'une propriété qui appartient en effet aux matières sucrées les plus communes et les plus importantes, c'est à dire la faculté de se transformer, sous l'influence de l'eau et du ferment, en alcool et en acide carbonique.

On admet généralement qu'il existe deux principales espèces de sucre. L'une d'elles se présente ou peut s'obtenir sous la forme de crystaux transparents, d'un volume et d'une régularité remarquables. Elle se trouve dans la canne à sucre, la betterave, l'érable, les carottes, les citrouilles, les ananas, les chataignes, les tiges du maïs, et dans la plupart des fruits des tropiques. Mais c'est de la canne et de la betterave, et surtout de la première de ces deux plantes que l'on extrait ce sucre pour la consommation générale.

L'autre variété existe dans les raisins, dans les pommes, dans les groseilles, et dans beaucoup d'autres fruits qui présentent toujours en même temps une réaction acide. Un grand nombre de substances végétales et particulièrement l'amidon, la cellulose, la gomme, sont susceptibles de se transformer sous plusieurs influences en cette espèce de sucre. Il s'obtient à l'état solide, mais très difficilement en cristaux déterminables. La saveur douce qu'il présente est beaucoup moins franche que celle du sucre ordinaire.

Sans parler de leurs caractères chimiques qui sont, pour ainsi dire, opposés, ces différences extérieures suffisent pour établir entre ces deux espèces une distinction facile.

Nous devons néanmoins, afin de prévenir toute erreur dans l'acception des mots, placer ici une réflexion essentielle : c'est qu'à la rigueur, la définition du sucre, basée sur la propriété de fermenter, ne devrait s'appliquer qu'au sucre de raisin. Il est prouvé, en effet, par les expériences de M. Dubrunfaut, que de tous les corps distingués sous le nom de sucre, c'est le seul qui éprouve la fermentation, et que, par conséquent, les autres produits sucrés, et en particulier le sucre de cannes, ne fermentent qu'après avoir été préalablement amenés à l'état de sucre de raisin.

### SUCRE DE CANNES.

Bouillon Lagrange, *Ann. de chim.*, t. LXXI, p. 91.
Berzélius, *Ann. de chim.*, t. XCV, p. 59.
Daniell, *Ann. de chim. et de phys.*, t. X, p. 221.
Braconnot, *Ann. de chim. et de phys.*, t. XII, p. 189; et t. LXVIII, p. 387.
Biot, *Ann. de chim. et de phys.*, t. LII, p. 58.
Malaguti, *Ann. de chim. et de phys.*, t. LIX, p. 407.
Péligot, *Ann. de chim. et de phys.*, t. LXVII, p. 113.

3454. Le sucre paraît connu de toute antiquité dans l'Inde et la Chine, mais il est probable qu'il ne fut introduit en Europe que par les conquêtes d'Alexandre le Grand. Il continua même à être rare et ne fut employé qu'en médecine, jusqu'à l'époque où des négociants vénitiens le répandirent dans l'Europe méridionale à la suite des croisades : mais son usage n'est devenu vraiment général que depuis la découverte de l'Amérique et l'établissement des plantations de cannes dans ce pays.

Tout le monde connaît les usages variés du sucre, chacun sait qu'il entre soit comme base, soit comme condiment, dans la préparation d'une foule d'aliments. Il mérite donc, sous ce rapport, une attention particulière non seulement de la part des savants, mais encore de celle des économistes et des gouvernements.

En France, la consommation n'est que de 120 à 130 millions de kilogrammes, ce qui fait un peu plus de 3 kilogram.

par tête, et si l'on considère que dans un ménage aisé il s'en consomme 12 à 15 kilogrammes par personne, on comprend facilement qu'il y a un grand nombre d'individus qui n'en font pas usage : il faudrait pour qu'il descendît jusqu'aux classes pauvres, en diminuer beaucoup le prix et accroître le bien-être général. On a dit, il est vrai, que le sucre est fort peu nutritif : nous devons convenir en effet qu'il ne pourrait entretenir longtemps la vie s'il était pris exclusivement ; mais il constitue un aliment véritable et suffisant pour certaines de nos fonctions et associé avec d'autres aliments, il forme une nourriture agréable et tellement utile, que les nègres qui en mangent à discrétion dans les colonies, pendant la roulaison, se portent mieux alors qu'en tout autre temps, quoiqu'ils soient assujettis à un travail plus rude.

3455. A l'état crystallisé, le sucre de canne renferme, d'après MM. Gay-Lussac et Thénard :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $C^{24}$..... | 900,0 | — | 42,15 |
| $H^{22}$..... | 137,5 | — | 6,43 |
| $O^{11}$..... | 1100,0 | — | 51,42 |
| | 2137,5 | | 100,00 |

Ses propriétés physiques sont connues ; on sait qu'il possède une saveur douce, qu'il est blanc dans son état de pureté.

Il crystallise en prismes rhomboïdaux à sommets dièdres, d'une densité de 1,6.

Le sucre est soluble dans le tiers de son poids d'eau froide et en toutes proportions dans l'eau bouillante. L'alcool faible le dissout, mais l'alcool absolu n'en dissout point à froid, et peu à une température élevée.

Il n'est précipité ni par l'acétate ni par le sous-acétate de plomb, propriété qui est mise à profit dans l'analyse pour le séparer de beaucoup de produits organiques.

Traité dans une cornue à une douce température par l'acide azotique le sucre s'oxyde, dégage des vapeurs rutilantes, et quand ensuite on abandonne le liquide au refroidissement il s'y forme des crystaux d'acide oxalique. Quand on le projette sur un corps chauffé au rouge, il exhale

une odeur particulière, l'odeur du *caramel*, dégagée aussi dans les mêmes circonstances par l'acide tartrique.

Il devient phosphorescent par le choc, et la lueur dégagée alors pourrait jusqu'à un certain point expliquer pourquoi quelques personnes trouvent que le sucre en poudre n'a pas la même saveur que le sucre en masse.

L'eau peut dissoudre le sucre à chaud en toutes proportions; si elle en est saturée à chaud et qu'on la soumette à un refroidissement très lent, on obtient des crystaux de sucre *candi*. Ceux-ci diffèrent selon que l'on a employé le sucre de cannes ou celui de betteraves. Avec ce dernier, ils sont plats et très allongés, tandis qu'avec le sucre de cannes on les obtient avec la même forme crystalline, mais plus épais et plus courts.

3456. Si au lieu de faire crystalliser le sucre, par refroidissement, on soumet la dissolution à une évaporation rapide, on finit par obtenir une masse huileuse épaisse, qui coulée sur des tables de marbre, donne ce qu'on appelle le sucre d'orge; dans ce nouvel état le sucre est transparent et amorphe. C'est évidemment un cas de dimorphisme analogue à celui que présente le soufre mou et dû certainement à la même cause. Les bâtons de sucre d'orge nouvellement faits sont transparents, tandis qu'après un certain temps ils deviennent opaques. La crystallisation qui occasionne cette opacité, car c'en est une, est fibreuse, radiée; elle part de la circonférence et les crystaux viennent se réunir à l'axe. Évidemment c'est à un changement moléculaire que cette modification est due, et elle tient très probablement à une perte de chaleur que le sucre éprouve, comme M. Regnault l'a montré pour le changement du soufre mou en soufre dur. Les confiseurs font tous leurs efforts pour conserver le sucre d'orge à l'état transparent; ils ajoutent à ce dessein du vinaigre au sirop qui sert à le préparer. On retarde ainsi la conversion en sucre opaque, mais on ne l'empêche pas.

A 211 ou 220° le sucre se convertit en *caramel* en per-

dant 3 atomes d'eau. A une température plus élevée, il produit des gaz inflammables, mêlés d'acide carbonique, des huiles pyrogénées, de l'acide acétique, et il laisse un résidu de charbon égal au quart de son poids.

3457. L'eau maintenue en ébullition pendant quinze ou vingt heures suffit pour modifier le sucre qu'elle tient en dissolution ; il se convertit en glucose et en sucre incrystallisable.

Les acides agissent sur le sucre d'une manière bien distincte selon qu'ils lui cèdent ou ne lui cèdent pas d'oxygène. Les premiers, comme l'acide azotique, lui font subir une série de transformations : d'abord ils le convertissent en acide saccharique, qui crvstallise difficilement, et qui possède à un haut degré la faculté de ramener le nitrate d'argent à l'état métallique, puis successivement en acide tartrique, en acide oxalique, enfin en acide carbonique et en eau ; il peut se trouver entre tous ces acides des termes intermédiaires que nous ne connaissons pas.

Les acides qui ne cèdent pas d'oxygène transforment le sucre de cannes en sucre de raisin, qui par cela même se produit et crystallise très souvent dans les confitures et les sirops acides.

Par une ébullition soutenue, les acides même très affaiblis détruisent le sucre après l'avoir couverti en glucose. Il se forme des produits nombreux que nous étudierons dans l'histoire du glucose.

Enfin, le sucre peut être altéré d'une manière remarquable par certaines substances organiques qui le changent en une matière mucilagineuse, en vertu d'une fermentation spéciale qu'on a nommée fermentation visqueuse.

3458. *Sucrates*. Le sucre de cannes forme des combinaisons salines avec les alcalis, l'oxyde de plomb, et le sel marin.

Il absorbe l'ammoniaque sèche et se convertit en une masse compacte, crystalline à sa surface, et répandant de l'ammoniaque à l'air.

*Sucrate de baryte.* Le sucrate de baryte s'obtient directement en mettant de l'eau de baryte en contact avec une dissolution aqueuse de sucre; si les dissolutions sont étendues, il faut faire bouillir le mélange, et l'on voit bientôt naître au sein de la liqueur chaude de petits crystaux mamelonnés qui s'attachent aux parois du vase. Si l'on opère avec des liqueurs plus concentrées, si on prend, par exemple, une partie de baryte caustique qu'on dissout dans trois parties d'eau, on voit au bout de quelques instants de contact le mélange se prendre en un magma crystallin dont la consistance augmente encore en élevant davantage la température. Une fois formé, le sucrate de baryte qui a pris naissance peut être lavé à plusieurs reprises à l'eau froide, car il est très peu soluble; sa densité assez forte rend le lavage facile et permet même d'agir par décantation. Ce sel absorbant l'acide carbonique aussi avidement que l'hydrate de baryte, doit être lavé avec de l'eau récemment bouillie et desséché à l'abri de l'air atmosphérique. Ce composé contient :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{24}$ | 900,0 | 29,0 |
| $H^{22}$ | 137,5 | 4,4 |
| $O^{11}$ | 1100,0 | 35,6 |
| Ba O | 957,0 | 31,0 |
| | 3094,5 | 100,0 |

*Sucrate de chaux.* — Ainsi que la baryte, la chaux se combine avec le sucre; en mettant la chaux éteinte en contact avec une dissolution aqueuse de sucre, il y a dégagement de chaleur, et le sucrate de chaux qui se forme étant desséché, offre toujours la même composition. C'est un produit incolore, cassant, résiniforme. On peut l'obtenir aussi en le précipitant par l'alcool de sa dissolution aqueuse où l'on a maintenu le sucre en excès : il renferme :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{24}$ | 900,0 | 36,1 |
| $H^{22}$ | 137,5 | 5,5 |
| $O^{11}$ | 1100,0 | 44,2 |
| Ca O | 350,0 | 14,2 |
| | 2487,5 | 100,0 |

Le sucrate de chaux présente un phénomène fort remarquable. A la température ordinaire, ce sel est soluble dans l'eau en très grande proportion; mais, si l'on vient à chauffer la dissolution claire et limpide ainsi obtenue, on la voit devenir opalescente d'abord, se coaguler peu à peu, puis se transformer en une masse opaque qui affecte au plus haut degré l'aspect de l'albumine de l'œuf modifiée par la chaleur. Le produit qui est devenu insoluble n'est autre que le sucrate de chaux qu'on peut isoler de la liqueur, et même laver avec de l'eau bouillante qui le dissout à peine. Les propriétés de ce sel ne paraissent pas changer, d'ailleurs, par cette intervention de la chaleur, comme font celles de l'albumine placée dans les mêmes circonstances, car, à l'aide du refroidissement, la liqueur redevient limpide en présentant en sens inverse les phénomènes que l'élévation de la température avait graduellement développés.

Le sucrate de chaux offre donc, d'une manière qu'on peut dire exagérée, un caractère que présentent quelques uns des sels formés par cette base, c'est à dire une solubilité qui décroît à mesure que la température s'élève.

A l'air, le sucrate de chaux dissous absorbe l'acide carbonique et dépose de très beaux crystaux de carbonate de chaux hydraté. En vase clos, il s'altère peu à peu et se convertit en oxalate, malate, acétate et carbonate de chaux.

Les propriétés du sucrate de chaux exercent nécessairement une influence quelconque dans la fabrication du sucre; on sait que la chaux y est employée dans l'opération désignée sous le nom de défécation, et quelquefois à forte dose.

3459. Le sucrate de chaux et le sucrate de baryte peuvent servir à préparer beaucoup de sucrates insolubles, par la méthode des doubles décompositions. Ils se combinent avec ces sucrates insolubles et produisent des sels doubles dont la formation explique quelques faits observés par M. H. Rose. Cet habile chimiste a vu qu'en ajoutant une certaine

quantité de sirop de sucre à la dissolution d'un sel de peroxyde de fer, d'oxyde cuivre, etc., on rend ces oxydes insensibles à l'action des alcalis qui les précipitent ordinairement. Quelques autres matières organiques se comportent comme le sucre. Les observations suivantes paraissent donner la clef de ce fait fort important pour l'analyse chimique.

Le sucre et les sucrates alcalins, pris isolément, n'exercent aucune action dissolvante sur les oxydes métalliques; ainsi, ni le sucre ni le sucrate de chaux ne dissolvent l'hydrate de cuivre. Mais si l'on fait agir le mélange de ces deux corps, si on ajoute, par exemple, du sucre à une dissolution de sucrate de chaux qu'on met alors en contact avec le même hydrate de cuivre, on voit ce dernier corps se dissoudre avec une singulière facilité. La liqueur qu'on obtient présente une riche teinte d'un bleu violacé; elle est alcaline, et par conséquent insensible à l'action des alcalis. En desséchant rapidement une petite quantité de ce liquide dans le vide, il reste un sel bleu non crystallin. Abandonné à lui-même soit à l'air, soit à l'abri de l'air, il s'altère spontanément et laisse déposer un corps jaune qui est de l'hydrate de protoxyde de cuivre.

*Sucrates de plomb.* — Une dissolution bouillante de sucre peut dissoudre beaucoup d'oxyde plomb. Elle laisse déposer par le refroidissement un précipité blanc qu'on lave à l'eau bouillante et qu'on sèche à l'abri de l'air; c'est le sucrate de plomb.

Si on mêle du sirop à une dissolution concentrée d'acétate de plomb ammoniacal, il se dépose un précipité gélatineux qu'on lave à l'eau froide. En le redissolvant dans l'eau bouillante, il s'en précipite lentement sous forme de crystaux blancs et mamelonnées.

Le sucrate de plomb renferme $C^{24}\,H^{20}\,O^{10}$, $^2Pb\,O$, et, comme l'a fait voir M. Péligot, il perd un atome d'eau par la dessiccation à 100°, et devient alors $C^{24}\,H^{18}\,O^{9}$, $^2Pb\,O$.

3460. *Sucrate de sel marin.* — Depuis plusieurs années

on connaissait une combinaison de sel marin et de sucre de diabètes; M. Péligot a obtenu un composé analogue avec le sucre ordinaire, en dissolvant ensemble 1 partie de chlorure de sodium et 4 parties de sucre, puis en abandonnant à l'évaporation spontanée, dans un air sec, le mélange amené à consistance de sirop. La forme et la saveur des crystaux, qui se déposent les premiers, permettent de les reconnaître d'abord pour du sucre candi; la dissolution décantée à plusieurs reprises, finit par donner le composé qu'on veut produire et qui crystallise plus tard, car sa solubilité est telle qu'il est déliquescent à l'air. Cette circonstance rend sa préparation assez difficile à exécuter.

Cette combinaison de sucre et de sel marin offre une saveur à la fois douce et salée; elle se présente sous la forme de crystaux à arètes vives, mais qu'on ne peut obtenir sous un gros volume. Elle renferme :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{48}$ | 1800,0 | 36,8 |
| $H^{42}$ | 262,5 | 5,3 |
| $O^{21}$ | 2100,0 | 43,0 |
| $Ch^{2}$ | 442,0 | 14,9 |
| Na | 291,0 | |
| | 4895,5 | 100,0 |

Ce composé et ses analogues, formés par le chlorure de potassium ou le sel ammoniac, jouent un grand rôle sans doute dans la formation des mélasses. Il serait donc bien à désirer que quelque chimiste entreprît une étude approfondie, tant de ces combinaisons que de celles qui résulteraient de l'union du sucre de cannes avec les divers chlorures, fluorures, iodures ou brômures métalliques.

Nous allons décrire les procédés en usage pour la fabrication du sucre de betteraves et de cannes, puis dans l'histoire du glucose lui-même, on trouvera le complément de son étude chimique.

## SUCRE DE BETTERAVES.

3461. L'importante industrie que nous allons décrire est à peine à sa naissance sous le rapport industriel, et déjà néanmoins elle a su s'établir sur des bases solides dans notre pays. Les progrès qu'elle fait chaque jour, ceux qu'elle est destinée à rencontrer dans une plus longue pratique, lui assurent un avenir digne de la méditation des hommes éclairés, et en font pour longtemps un concurrent sérieux pour le sucre des colonies.

Il existe un très grand nombre de variétés de betteraves; mais il en est peu qui donnent économiquement le sucre qu'elles contiennent.

Les principales variétés cultivées en France sont dans l'ordre de leur rendement en sucre :

1° *La betterave blanche de Silésie*, piriforme, allongée. C'est la meilleure de toutes; elle donne en moyenne le jus le plus pur et le plus dense, et par suite le plus facile à travailler. Il existe une sous-variété de cette betterave, à peau rose : celle-ci est très appréciée en Prusse, où elle a quelquefois donné du jus à 15° : ordinairement il est à 7°.

2° *La betterave jaune de Castelnaudary*. Elle ne peut être cultivée que dans des terrains profonds; mais quand elle se trouve dans de bonnes conditions elle donne au moins autant de sucre que la précédente.

3° *La betterave à jus rouge*. Cette variété doit être écartée; elle donne moins de sucre que les précédentes, et de plus elle embarrasse le jus de matières colorantes qui surtout, vers la fin de la saison, deviennent difficiles à éliminer. Dans quelques cas on a pu traiter cette variété pendant les premiers mois du travail, mais à la fin on a dû y renoncer.

4° *Les betteraves de disette*. Ces betteraves, qui devien-

nent énormes et qui donnent en poids des produits doubles et triples des précédentes, doivent être rejetées; la grande quantité d'eau qu'elles contiennent proportionnellement au sucre rendrait l'extraction de celui-ci trop dispendieuse.

La culture de la betterave est l'objet des soins les plus minutieux. En Flandre, on donne trois, quatre et jusqu'à cinq labours, entre lesquels on passe le rouleau, la herse, jusqu'à ce que la terre soit parfaitement brisée.

On a soin aussi que le fumage ne précède pas immédiatement la semaille, car on a reconnu que si la terre doit être bien fumée, il faut du moins que le fumier ait été élaboré. On a également acquis la certitude que les betteraves, qui avaient poussé dans des terrains parqués ou trop fumés, se travaillaient très mal.

Dans une fabrique des environs de Douai, où l'on avait récolté des betteraves dans un endroit recouvert de vieux platras, les formes présentèrent plus de nitrate de potasse que de sucre.

La graine se paie 2 fr. le demi-kilogr., année commune: quelquefois, cependant, le prix s'en est élevé jusqu'à 5 fr. Elle lève en huit jours ou trois semaines, selon l'humidité. La jeune plante est attaquée par un insecte qui dévore les jeunes feuilles et qui est très nuisible dans le midi; la racine elle-même souffre beaucoup des vers blancs.

Un hectare de terre donne 25,000 kilogr. de racines, année commune; il arrive cependant que dans certaines années la production s'élève jusqu'au double, c'est à dire à 50,000; mais ce cas est extrêmement rare. Dans le département du Nord, une production de 35 à 40,000 kilog. s'obtient assez souvent.

Les betteraves choisies destinées à la graine sont replantées au milieu d'avril. Chacune donne 165 à 170 grammes de graine; on en a obtenu jusqu'à 350 grammes dans des conditions très favorables.

Quelques agriculteurs ont cultivé cinq années de suite la betterave dans la même terre sans inconvénient sensible; il vaut mieux, néanmoins, alterner cette culture avec celle de l'orge, pour éviter l'inconvénient des fumures trop récentes, qui poussent les betteraves à grossir et à devenir trop aqueuses et trop altérables.

3462. La conservation des betteraves devant faire partie des opérations d'une fabrique de sucre, nous allons entrer dans quelques détails sur la manière dont elle est exécutée.

La méthode qui consiste à les mettre en tas à l'air libre doit être rejetée; elle a occasionné de grandes pertes dans les commencements de la fabrication.

La conservation en fossés ou silos est la plus généralement répandue; avec des précautions, elle donne de bons résultats. Ces fossés doivent avoir quatre à cinq pieds de profondeur sur une largeur à peu près égale; les betteraves empilées sont recouvertes d'une épaisse couche de terre, en forme de dos d'ane; des rigoles placées de chaque côté des silos donnent écoulement aux eaux pluviales. Il est important de renouveler l'air qui environne les betteraves entassées; dans ce but, on ménage dans la longueur du silo et de distance en distance, des cheminées d'appel, reliées inférieurement par une rigole creusée dans le fond du silo et s'étendant dans toute sa longueur. Cette précaution suffit pour prévenir une fermentation active qui ne tarderait pas à se manifester sur tous les points où les betteraves ont été meurtries.

La conservation des betteraves en silos réussit bien. Néanmoins, si on voulait employer deux ou trois années de suite la même place pour y emmagasiner les racines, on obtiendrait de fâcheux résultats. La terre demeure imprégnée de ferments nuisibles.

Un troisième moyen de conservation, qui revient plus cher de premier établissement, mais aussi qui donne de

meilleurs résultats, consiste à les placer en magasins couverts : il est employé dans les meilleures fabriques. Ce procédé évite complètement les effets de la gelée ; mais non pas ceux de la fermentation : aussi faut-il avoir grand soin d'établir des courants d'air dans toute la masse au moyen de couloirs et de nombreuses cheminées d'appel.

Un magasin propre à conserver pendant trois mois 1,800,000 kilogrammes de betteraves doit avoir une largeur de sept mètres, une hauteur de cinq mètres, et une longueur de soixante-cinq à soixante-dix mètres, y compris l'espace occupé par les couloirs et les cheminées.

Si le fabricant, au lieu d'un long hangar peu large, comme le précédent, pouvait disposer d'un vaste magasin carré, il devrait le diviser en plusieurs compartiments égaux, et se réserver un libre passage entre chaque magasin improvisé.

3463. Malgré les précautions les plus minutieuses, les betteraves éprouvent toujours des altérations plus ou moins considérables, et les produits en sucre vont en diminuant de quantité et de qualité à mesure que la saison s'avance. Un procédé seul peut éviter ces graves inconvénients : c'est celui de la dessiccation immédiate de la betterave après la récolte.

Plusieurs essais dirigés dans ce but font espérer que l'agriculture jouira un jour des immenses avantages que la fabrication du sucre indigène n'a réalisé qu'en partie jusqu'ici à son profit, et que la betterave desséchée à peu de frais par le cultivateur, et livrée au commerce comme le blé, pourra être exploitée dans des temps et des lieux opportuns, et donner des sucres à des prix très bas.

M. Schutzenbach est le premier qui ait attiré l'attention publique sur la dessiccation de la betterave, en fondant à Carlsruhe un établissement très important pour l'application de ce mode de travail. Son appareil, qui ne peut convenir qu'à une vaste entreprise, se compose d'une

chambre étroite voûtée et très haute; des toiles métalliques sans fin, superposées les uns aux autres, se meuvent dans la longueur de cette étuve, et sont disposées de manière que le produit placé sur ces toiles puisse tomber d'une toile supérieure à une inférieure, et ainsi de suite.

La betterave, coupée en lames minces et distribuée sur la première toile, est entraînée par le mouvement de celle-ci; elle parcourt successivement les toiles superposées et la dernière la rejette au dehors de l'étuve parfaitement desséchée. Au dessous des toiles est un espace libre où l'air, continuellement chauffé par un calorifère, s'élance à travers les couches de betteraves, et sort à la partie supérieure de l'étuve saturé d'humidité.

Si le procédé de dessiccation de M. Schutzenbach n'a pas été plus généralement adopté, on peut attribuer ce résultat à plusieurs causes. Nous nous bornerons à remarquer que le principe sur lequel repose la méthode entière, et qui admet dans la même fabrique la dessiccation de la betterave et l'extraction du sucre est défavorable au procédé. Il ne faut pas, en effet, perdre de vue que l'agriculture ne profitera pleinement des bienfaits de cette belle industrie que le jour où la culture s'étendra sur le sol entier du pays. Il ne faut pas oublier que la consommation ne profitera d'un prix de revient le moins élevé possible que lorsque l'extraction se concentrera au contraire vers les lieux où elle est appelée par le bas prix de la main d'œuvre, le bon marché du combustible et l'écoulement facile des produits secondaires.

Pour remplir ces deux conditions il faut nécessairement que la betterave se dessèche *dans les fermes* dès le moment de la récolte; à l'état sec, elle peut se conserver plus d'un an sans rien perdre de sa richesse saccharine, elle peut se transporter au loin et supporter toutes les chances d'un produit commercial; enfin il est prouvé

qu'à l'aide de procédés simples on pourrait en extraire une quantité de sucre cristallisé qui s'élève dans les analyses et dans le travail en grand à 8 ou 10 pour 100 du poids de la betterave brute.

La question, vue sous son véritable jour, peut donc se résumer dans ce problème :

Trouver un moyen simple et économique de dessécher la betterave *dans les fermes*, sans altérer le sucre qu'elles renferment.

Une fois que la betterave sèche entrerait dans nos marchés, on aurait bientôt trouvé un moyen économique d'en retirer le sucre, et quelques uns des appareils qui servent actuellement dans la fabrication, rempliraient ce but. Nous en parlerons en traitant de l'extraction du jus par lavage méthodique.

M. de Lirac a fait à Sarrians, département de Vaucluse, divers essais qui l'ont conduit à employer la chaleur du soleil pour opérer la dessiccation de la betterave avec économie. Il a trouvé que la racine, découpée en tranches minces et étalée sur des claies, pouvait perdre 70 pour 100 de son poids après une exposition au soleil, à la température de 36 à 40 degrés Réaumur pendant dix heures environ. M. Lirac empêche la coloration rapide des tranches, en les saupoudrant de chaux éteinte qui présente plusieurs autres avantages. D'après cet habile agriculteur, un coupe-racine, deux hommes et six femmes peuvent aisément découper et faire sécher quatre-vingts à cent milles kilogrammes de betteraves par semaine.

Cette méthode, bien qu'applicable seulement aux localités privilégiées du midi, est digne d'intérêt, car elle convient surtout à la petite culture, qui doit seule s'occuper de la dessiccation pour que le problème en soit résolu.

Au reste, il est bien prouvé que la dessiccation au soleil

peut se faire sans aucune altération ; et quant à l'économie du procédé, elle est évidente ; des claies, des draps, ou au besoin la surface d'une prairie suffisent pour l'exposition. Dans les exploitations rurales un peu considérables on pourrait annexer un séchoir qui terminerait la dessiccation de la betterave et obvierait aux intempéries de l'atmosphère.

En résumé, ce procédé peut offrir de grands avantages dans toutes les localités, où, au moment de la récolte, la saison est chaude et sèche, ces conditions sont remplies dans le Midi de la France.

Nous ne nous arrêterons pas plus longtemps sur le procédé de dessiccation ; plus loin nous parlerons des moyens que l'on pourrait employer pour retirer le sucre de la betterave desséchée.

3464. On s'est occupé depuis quelque temps de recherches analytiques sur la betterave, dans le but d'éclairer les opérations des fabriques. On doit surtout remarquer les travaux de M. Pelouze et de M. Peligot sur cet objet. Ce dernier chimiste a consaté, en particulier, un fait fort important dans la pratique, savoir : l'identité de composition générale de la racine de la betterave, aux diverses périodes de la croissance de la plante. Voici quelques unes de ses analyses rectifiées d'après les remarques de M. Braconnot :

Betterave de l'Ecole de botanique arrachée, le 2 août, très petite, du poids de 20 à 25 grammes.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Matières solides sèches | 9,5 | sucre..... | 5,0 |
| Eau..... | 90,5 | albumine, pectine et ligneux..... | 4,5 |
| | 100,0 | | 9,5 |

Autre de la même localité, arrachée le 7 septembre, du

poids de 8 à 900 grammes, densité du jus = 4,5 à l'aréomètre de Baumé :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Matières solides. | 10,0 | sucre..... | 7,3 |
| Eau..... | 90,0 | pectine..... | 0,8 |
| | | ligneux et albumine | 1,9 |
| | 100,0 | | 10,0 |

Autre de Grenelle, du 7 août, poids de 500 grammes environ, densité du jus à l'aréomètre de Baumé = 6,5.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Matières solides.. | 15,5 | sucre..... | 8,9 |
| Eau..... | 84,5 | pectine..... | 4,2 |
| | | ligneux et albumine | 1,9 |
| | 100,0 | | 15,0 |

Betterave petite, provenant de l'Ecole de botanique, arrachée le 26 septembre; poids, 80 à 100 grammes.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Matières sèches.. | 15,1 | sucre..... | 10 |
| Eau..... | 84,9 | pectine..... | 1,8 |
| | | ligneux et albumine | 2,3 |
| | 100,0 | | 15,1 |

Autres de la même localité, arrachées le 9 novembre; poids, 150 grammes.

| | I. | II. |
|---|---|---|
| Matières sèches..... | 14,7 = | 14,2 |
| Eau..... ..... | 85,3 = | 85,8 |
| | 100 0 — | 100,0 |

Enfin, pour savoir jusqu'à quel point on peut admettre la préexistence du sucre dans la racine la plus jeune, M. Péligot a fait l'analyse de betteraves semées fort tard, dans l'Ecole de botanique, à côté de celles précédemment étudiées. Ces betteraves, le 29 décembre, avaient le diamètre d'un tuyau de paille; elles étaient tellement petites

qu'il fallut en réunir quatorze pour en avoir 4 grammes. Voici leur composition :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Matières solides. | 13,7 | sucre..... | 5,9 |
| Eau..... | 86,3 | pectine..... | 3,4 |
| | | ligneux et albumine | 4,4 |
| | 100,0 | | 13,7 |

Ainsi, ces très petites racines contiennent autant, si ce n'est plus, de substances solides que leurs voisines, qui avaient un poids ou un volume au moins quatre mille fois plus considérable, seulement les matières ligneuse et albumineuse s'y trouvent dans une proportion un peu plus forte qu'elles ne le seront probablement plus tard.

On devait être porté à croire que cette proportionnalité des principes de la betterave se maintenait à toutes les époques de son existence; mais il n'en était pas ainsi. Quand la betterave cesse de croître, d'augmenter de poids et de volume, l'analyse démontre une augmentation sensible dans la proportion de ses principes solides. Ainsi, les betteraves de l'Ecole botanique qui contenaient, pendant les mois d'août, septembre et octobre, de 10 à 12 p. 0/0 de matières sèches, et dont le jus marquait de 4 à 5 degrés à l'aréomètre Baumé, en laissaient au commencement de novembre de 12 à 15, et leur jus indiquait de 6 à 7 degrés au même instrument; et les betteraves de Grenelle qui fournissaient de 12 à 15 p. 0/0 de matières solides, ont aussi subi une amélioration très sensible : une d'entre elles, mûre, a laissé un résidu sec égal à 18, 2 p. 0/0; le jus marquait 8,2 Baumé.

Deux autres ont donné 17,9 et 17,7 de matières sèches.

Une autre encore, analysée le 15 novembre, contenait :

| | |
|---|---|
| Matières solides..... | 19,6 |
| Eau..... | 80,4 |
| | 100,0 |

Et de ce résidu sec M. Péligot a pu extraire, à l'*état cristallisé*, 14,4 p. 0/0 de sucre.

Le jus de cette betterave marquait 9 degrès à l'aréomètre de Baumé. C'est la plus forte proportion de sucre qu'on ait signalée jusqu'à ce jour dans la betterave. Quand on se rappelle que par les procédés actuels les fabricans ne retirent en général que 4 à 5 p. 0/0 de sucre du jus de betterave marquant 7 à 8 degrès à l'arèomètre de Baumé, et contenant de 11 à 13 p. 0/0 de sucre au moins, on sent combien de progrès il leur reste à opérer pour amener leur industrie au degré de perfection chimique qu'elle est susceptible d'atteindre.

M. Péligot a également soumis à l'analyse une betterave montée en fleurs, une betterave portegraine de deux ans, en bon état de conservation, et des feuilles de betteraves.

Betterave montée en fleurs; poids, 200 grammes.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Matières solides. | 16,5 | sucre..... | 9,8 |
| Eau..... | 83,5 | pectine..... | 3,4 |
| | | ligneux et albumine | 3,3 |
| | 100,0 | | 16,5 |

Betterave portegraine; le jus marquait 2,5 à l'aréomètre de Baumé. Il n'a pas trouvé la moindre trace de sucre.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | sucre..... | 0,0 |
| Matières solides... | 5,5 | nitre..... | 1,9 |
| Eau..... | 94,5 | pectine..... | 1,1 |
| | | ligneux et albumine | 2,5 |
| | 100,0 | | 5,5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Feuilles de betteraves. | | sucre et pectine... | 1,3 |
| Matières solides.. | 6,4 | fibre ligneuse..... | 3,6 |
| Eau..... | 93,6 | nitre..... | 1,5 |
| | 100,0 | | 6,4 |

3465. Si l'âge des racines exerce une influence sensible sur la proportion de matières sucrées qu'elles contiennent, les circonstances de sècheresse ou d'humidité du sol font naître de leur côté des différences très considérables dans cette proportion. En effet, il résulte des observations de M. Mathieu de Dombasle, que la densité du jus de betteraves de la même pièce de terre s'accroît très sensiblement aux époques de sècheresse, et diminue au contraire, en quelques jours, lorsque la terre vient d'être trempée par de grandes pluies. La différence est moins considérable dans les sols argileux et frais par leur position, que dans les terrains légers et graveleux, qui perdent facilement leur humidité; mais les différences sont constantes pour toutes les pièces de terre aux époques correspondantes. La différence produite par cette cause n'a jamais été de moins d'un degré, et dans quelques cas elle s'est étendue jusqu'à 2 degrés de l'aréomètre, c'est à dire que les betteraves d'une pièce de terre qui avait donné 9 degrés après une assez longue sècheresse, n'ont offert que 7 degrés quelques jours après que la terre a été détrempée par la pluie.

Ces faits n'ont d'ailleurs rien qui doive surprendre; car il est évident que l'évaporation qui s'opère à la surface des feuilles, sous l'influence des rayons solaires, doit produire une véritable concentration des liquides contenus dans toute la plante, lorsque les radicules ne trouvent pas dans le sol d'humidité pour réparer la perte occasionnée par l'évaporation provenant des feuilles. Lorsqu'ensuite le sol est humecté par une forte pluie, la plante absorbe en peu de temps une grande quantité d'eau, et le volume des racines s'accroît considérablement en peu de jours; mais la racine est plus aqueuse en cet état que sous l'influence de la sècheresse.

3466. Déjà longtemps avant M. Péligot, M. Pelouze s'était assuré qu'en traitant la betterave par l'alcool, on n'en retirait que du sucre cristallisable, et point du sucre

incristallisable. Cette manière de voir n'est pas partagée par tous les chimistes.

Voici, en effet, d'après M. Dubrunfaut, la composition de la betterave.

1° Eau.
2° Parenchyme ligneux.
3° Sucre cristallisable.
4° Sucre liquide incristallisable.
5° Albumine végétale colorée.
6° Gelée.
7° Matière azotée noire, précipitable par les acides, et déterminant la décomposition du sucre en glaireux.
8° Matière grasse, solide à la température ordinaire.
9° Une huile fixe.
10° Une huile essentielle.
11° Une résine verte, amère.
12° Une matière gommeuse.
13° Un ou deux principes colorants.
14° Un acide libre probablement l'acide lactique, qui se développe dans les silos, et préserve les racines coupées de l'altération qui se manifeste dans la racine fraîche par une couleur noire.
15° De l'oxalate d'ammoniaque.
16° De l'oxalate de potasse.
17° De l'oxalate de chaux.
18° De l'hydrochlorate d'ammoniaque.
19. Du sulfate et du phosphate d'ammoniaque.
20° De la silice.
21° De l'albumine.
22° Des traces d'oxyde de fer et de manganèse.
23° Des traces de soufre.

De son côté, M. Braconnot vient de soumettre la betterave à une nouvelle analyse de laquelle il résulte que cette racine contient les matières suivantes :

1° Sucre cristallisable.
2° Sucre incristallisable.
3° Albumine.
4° Pectine.
5° Matière mucilagineuse.
6° Ligneux.
7° Phosphate de magnésie.
8° Oxalate de potasse.
9° Malate de potasse.
10° Phosphate de chaux.
11° Oxalate de chaux.
12° Acide gras, à consistance de suif.
13° Chlorure de potassium.
75° Sulfate de potasse.
16° Nitrate de potasse.
17° Oxyde de fer.
18° Matière animalisée soluble dans l'eau.
19° Matière odorante et âcre inconnue.
20° Sel ammoniacal indéterminé en petite quantité.
21° Acide pectique.

M. Braconnot admet donc que la betterave renferme du sucre incristallisable préexistant; il croit qu'elle contient moins de sucre cristallisable que n'en ont admis MM. Pelouze et Péligot.

Quand on dessèche de la betterave en tranches et qu'on la traite ensuite par l'alcool bouillant à 0,83, celui-ci enlève le sucre avec un peu de matière mucilagineuse. Et reprenant ensuite la racine par l'eau bouillante, on

dissout la pectine. Enfin, il reste un résidu formé d'albumine et de cellulose faciles à séparer par l'eau alcaline.

Quand on exprime la betterave râpée, toute la pectine demeure dans les pulpes; mais si on traite ces pulpes par l'eau pure, la pectine s'y dissout. Aussi cette substance joue-t-elle un grand rôle dans le procédé de la macération.

Quoique l'acide pectique figure dans l'analyse précédente, la betterave en renferme peu ou point; cet acide est toujours un produit de l'altération de la pectine.

L'albumine se retrouve en forte proportion dans les jus exprimés; les liqueurs obtenues par la macération n'en contiennent point au contraire. Cependant le jus de betterave ne fournit aucun coagulum albumineux par la simple chaleur, circonstance due à l'absence des sels calcaires à qui M. Braconnot attribue un grand rôle dans la coagulation de l'albumine. On peut dire que l'albumine de la betterave ressemble baucoup au caséum.

### *De la fabrication proprement dite.*

3467. Aucune industrie n'a donné dans un temps si court des résultats comparables à ceux de la fabrication du sucre indigène ; il serait difficile de donner même un simple aperçu des appareils si divers qui ont été construits jusqu'à ce jour, depuis l'époque peu éloignée encore où Achard, chimiste distingué de Berlin, extrayait pour la première fois en grand le sucre de betterave. C'est à la France que sont dus la plupart des progrès qu'a faits la fabrication; c'est à elle qu'appartiennent ces dispositions ingénieuses qui ont permis aux fabricants de sucre indigène de lutter avec avantage,

contre le produit si riche de la canne, produit qui, s'il était traité par des procédés aussi perfectionnés, donnerait immédiatement, on peut à peine en douter, du sucre aussi beau et aussi pur que le sucre raffiné le plus blanc. Mais, malgré tous les résultats obtenus jusqu'à ce jour, il ne faut pas se dissimuler que la fabrication du sucre indigène a beaucoup à faire encore pour atteindre la perfection.

Nous allons décrire la fabrication telle qu'elle existe aujourd'hui dans le plus grand nombre de fabriques, et nous indiquerons en passant les défauts et les avantages attachés à chacun des appareils en usage.

La première opération que l'on fait subir aux betteraves, quel que soit d'ailleurs le traitement subséquent, est un lavage destiné à enlever aux racines la terre adhérente et les cailloux; deux moyens sont employés pour y parvenir. Le premier consiste à râcler avec un couteau toutes les parties couvertes de radicelles. Le deuxième, en usage dans toutes les fabriques un peu importantes, date, sauf les modifications, de l'origine même de l'industrie qui nous occupe; il consiste en un lavage opéré dans un grand cylindre creux en bois, pl. 93, formé de douves distancées à l'extérieur de douze ou quinze lignes. Ce cylindre se meut sur un axe en fer légèrement incliné, dans une caisse remplie d'eau, et de telle manière que les betteraves introduites dans le cylindre par une de ses extrémités se nettoient en parcourant la longueur de ce dernier, et sortent d'elles-mêmes par l'extrémité opposée.

On peut distinguer à cet égard deux époques. La betterave récente passée au débourbeur peut être travaillée immédiatement; mais les betteraves plus ou moins altérées qu'on traite à la fin de la campagne, seront mieux préparées si on les nettoie une à une à la main, et si on enlève au couteau toutes les parties altérées. Ce nettoyage fait disparaître une des causes les plus graves de perte dans la fa-

brication du sucre de betteraves, celle qui provient de l'action sur le sucre des ferments qui se développent dans le tissu des parties altérées, tachées ou meurtries. L'influence destructive de ces ferments est incalculable.

3468. Quand la betterave est nettoyée, on peut diviser le reste des opérations en deux grandes parties, qui sont :

1° L'extraction du jus de la betterave,

2° Le traitement du jus exprimé.

Chacune de ces deux parties se divise en plusieurs opérations, qui se modifient plus ou moins dans la plupart des fabriques.

Plusieurs procédés ont été mis en usage pour extraire aussi complètement que possible le jus contenu dans la betterave; jusqu'à présent aucun d'eux n'a rempli ce but aussi bien qu'on le désire. Deux systèmes sont employés : l'un, le plus ancien, consiste à réduire la betterave en pulpe fine et à en exprimer le jus par une pression puissante; l'autre sépare ce jus par un lavage méthodique à chaud ou à froid, et opère sur la betterave réduite en tranches minces ou en pulpe. Ces deux systèmes ont chacun leurs inconvénients : le premier ne donne pas directement tout le jus de la betterave, et exige une manutention assez considérable; le second donne peut-être plus de jus, mais il introduit une quantité d'eau notable, et il a en outre plusieurs inconvénients inhérents aux appareils employés. Ce dernier pourra être très utile lorsqu'on n'opérera que sur des betteraves desséchées.

3469. L'extraction du jus par l'ancien système, modifié ou non modifié, est le plus généralement répandu; deux opérations bien distinctes sont nécessaires pour cette extraction :

1° Le râpage;

2° Le pressage.

1° *Du râpage.* Le suc de la betterave est contenu dans une multitude de cellules formant un tout compacte; à cet état une pression énergique n'en retirerait pas la plus faible parcelle de jus; il est donc de la plus haute importance de n'opérer la pression que lorsque toutes les cellules, ou du moins un grand nombre d'entre elles, auront été déchirées; le jus, libre alors de suivre la loi naturelle de l'écoulement des liquides, s'écoulera de lui-même ou s'exprimera avec facilité.

Plusieurs systèmes de râpes ont successivement attiré l'attention des fabricants de sucre, celles construites sur le principe de M. Thierry sont le plus généralement employées : elles se composent d'un cylindre en fonte, armé sur toute sa surface de lames de scie faciles à remplacer, et se mouvant avec une vitesse de cinq à six cents tours par minute; la betterave pressée à bras d'homme contre une partie de la surface cylindrique est dévorée en un instant.

MM. Cambray et Derosne ont apporté une modification à ces râpes, en remplaçant les poussoirs à bras d'homme par des poussoirs mécaniques; le premier de ces habiles fabricants opère le mouvement de va et vient du poussoir au moyen d'un arbre coudé; le second emploie, ce qui est préférable, un excentrique dont la courbe est calculée de manière à permettre au poussoir d'appuyer graduellement la betterave sur la râpe et de se retirer brusquement lorsqu'il est arrivé à la fin de sa course.

2° *Du pressage de la pulpe.* La betterave réduite en pulpe est immédiatement soumise à l'action d'une presse. La célérité étant une des conditions les plus essentielles du succès de toutes les opérations subséquentes, les constructeurs de machines ont dû rechercher quels étaient les appareils qui conviendraient le mieux à l'expression rapide du suc de la betterave; plusieurs procédés ont été le fruit de leurs travaux.

Et d'abord on a dû naturellement employer des appa-

reils analogues à ceux des colonies; la presse à cylindre a été construite sur ce principe; la pulpe sortant de la râpe était amenée par une toile sans fin entre deux cylindres en fonte; cette pression momentanée ne donnait que 50 pour 100 du jus, on y renonça bientôt.

Vinrent ensuite des presses hydrauliques bien construites et d'une grande puissance, elles sont encore employées dans plusieurs fabriques; voici la manière d'opérer avec ces presses:

Au sortir de la râpe, la pulpe est renfermée dans un sac de canevas dont on replie de 6 pouces l'ouverture; on égalise le sac rempli au moyen d'un rouleau sur une table doublée de plomb; il porte alors les dimensions suivantes: 0,50 de large, 0,55 de long, et 0,25 à 0,30 d'épaisseur, on en place deux sur le plateau de la presse hydraulique sur lesquels on empile successivement les autres, jusqu'à une hauteur d'environ 0,60, en ayant soin de les alterner avec des claies en osier qui permettent au jus de s'écouler facilement. Quatre montants servent de guides aux sacs et aux claies.

Quand le plateau inférieur de la presse est convenablement chargé, on serre très graduellement, et on obtient directement 70 à 75 pour 100 de jus de la pulpe fraîche.

Pendant qu'une presse agit, une seconde se charge de la même manière, le travail n'éprouve donc pas d'interruption.

Le jus qui s'écoule se rend dans un réservoir qui doit le distribuer aux chaudières à déféquer.

Il est bien reconnu maintenant, et cela ressort des travaux de plusieurs agronomes distingués, et du travail sur les sucres, de M. Péligot, que la betterave renferme au plus 3 à 4 pour 100 de ligneux et de parties insolubles; les presses hydrauliques abandonnent donc dans la pulpe 20 à 25 pour 100 du jus de la betterave. M. De Mesmay est parvenu à obtenir 15 pour 100 de jus de plus en sou-

mettant, dans un espace fermé, à l'action de la vapeur, les sacs sortant de la presse hydraulique; la vapeur fait gonfler la pulpe, déchire les cellules encore intactes et permet au jus de s'échapper par une nouvelle pression.

Mais, en supposant même que le suc extrait soit aussi pur que celui de première pression, cette opération exige une main d'œuvre de plus, des presses hydrauliques en plus grand nombre, enfin un plus grand matériel. Dans quelques usines on a essayé d'ajouter à la pulpe sortant de la rape 15 à 20 pour 100 d'eau. La pulpe se gonfle et blanchit. Au bout de quelques instants on la met en presse, et on assure que le jus plus abondant n'en est pas moins dense. Ailleurs, on faisait couler un filet d'eau sur la râpe elle-même, et on calculait ce filet de manière à fournir environ 15 pour cent d'eau à la pulpe. Le résultat était le même. Ces procédés sont fondés sur la supposition que l'eau pure absorbée par la pulpe déplace le liquide sucré que les cellules renfermaient.

*Presse Pecqueur.* M. Pecqueur, habile fabricant d'appareils à sucre, a cherché à remplacer les presses hydrauliques par un appareil plus méthodique, et qui n'exige qu'une main d'œuvre peu considérable; ce but est rempli par la presse continue, qui porte son nom, et qui est en usage dans un grand nombre de fabriques. Cette presse se compose de deux parties : d'un piston refoulant à chaque coup un litre de pulpe qui lui est fournie par une hotte en cuivre; et de deux cylindres criblés de trous recouverts d'une toile métallique, entre lesquels, la pulpe comprimée par l'action du piston, est forcée de passer; le jus s'écoule à travers les cylindres et se recueille dans un réservoir, la pulpe épuisée est rejetée sur le côté de la presse.

La presse Pecqueur évite la manutention considérable et la dépense de sacs, de claies, etc., que nécessitent les presses hydrauliques; elle rend le travail plus continu et par cela évite mieux l'altération du suc; enfin, elle donne

directement autant de jus, mais elle n'en donne pas plus. Pour porter le rendement à 85 pour 100, il faut agir comme avec les presses. Ainsi, on injecte un léger filet d'eau sur la râpe; en outre, on place la pulpe pressée dans des tamis superposés ou l'on fait passer un filet d'eau, la pulpe humectée donne facilement encore 15 pour 100 de jus.

Une presse Pecqueur d'un grand modèle peut extraire 200 à 250 hectolitres de jus en vingt-quatre heures; pour la même quantité il faudrait deux presses hydrauliques. Elle exige, pour marcher, une force de deux chevaux.

Dans l'état actuel de la fabrication du sucre, toutes les fois qu'on suivra le système d'extraction par pression, il sera convenable de préférer une presse continue, n'exigeant pas de main d'œuvre, évitant le contact du jus avec des claies en bois, etc., à une presse qui présente tous ces inconvénients, surtout quand le rendement est égal de part et d'autre.

Nous n'insisterons pas davantage sur l'extraction par pression, et nous nous résumerons, en disant que le meilleur mode de pression a encore le défaut de ne donner directement que 70 à 75 au plus de jus pour 100 de betterave, tandis qu'on devrait en retirer 92 au moins.

Réduite ainsi à 8 ou 10 pour 100 de son poids primitif, la pulpe se conserverait assez bien à l'air; humide encore, elle s'altère au contraire. C'est pour éviter cette altération que dans la fabrique de MM. Blanquet et Harpignies de Famars, on faisait sécher les pulpes sortant des presses dans un four à touraille dont le plancher était fait en carreaux percés de trous.

Les pulpes touraillées se conservent indéfiniment sans altération; elles ne purgent pas les bestiaux comme font les pulpes non touraillées. M. Blanquet s'en servait pour nourrir ses bœufs et il avait pu supprimer complètement le foin et l'avoine; il en tirait un très grand profit. Cent de betteraves fournissent environ quinze de pulpes humides;

ces quinze parties se réduisent à huit par le touraillage.

Les pulpes touraillées ont très bon goût; elles sont sucrées, assez difficiles à mâcher, ce qui est certainement une condition favorable à la bonne alimentation des animaux; elles remplacent, poids pour poids, les fourrages secs, et s'associent très bien avec les tourteaux de graines oléagineuses.

Veut-on éviter les frais d'établissement d'une touraille, alors il faut faire consommer les pulpes à mesure de leur production, ce qui n'est pas toujours facile dans l'usine et ce qui en avilit le prix au dehors, ou bien il faut les emmagasiner en silos comme les racines elles-mêmes.

Mais, conservées en silos, les pulpes aigrissent promptement par suite de la formation de l'acide lactique; elles éprouvent des transformations analogues à celles qui se produisent dans la choucroûte.

L'extraction du jus par lavage méthodique a été le but des investigations d'un grand nombre de fabricants, et il a donné lieu à des résultats plus ou moins heureux; mais on peut dire que jusqu'à ce jour tous les appareils construits sur ce principe ont présenté un grave inconvénient, celui d'exiger, pour extraire tout le suc, une quantité d'eau souvent considérable, qui se résume en une dépense de combustible. Cet inconvénient n'est pas contrebalancé par une économie de main-d'œuvre, ou un rendement plus grand, etc. Il n'est donc pas probable que ce procédé ait beaucoup de succès tant qu'on opèrera sur de la pulpe ou des tranches de betteraves fraîches; mais la question serait bien différente si l'on venait à adopter généralement le procédé de dessiccation après la récolte; dans ce cas, il est évident qu'on n'en emploierait pas d'autre. La matière première étant très riche en sucre, on pourrait, par un lavage méthodique, obtenir des dissolutions très chargées, et qui par conséquent n'exigeraient que peu de combustible pour leur évaporation.

3470. *Macération.* Ce procédé consiste à soumettre la betterave, coupée en tranches minces, à l'action méthodique d'un lavage semblable à celui employé pour épuiser les matériaux salpétrés, et à déterminer la rupture des cellules en élevant brusquement la température de l'eau par une injection de vapeur.

L'appareil rendu continu et modifié par M. de Beaujeu, était disposé de la manière suivante :

Supposons sept cuves rangées en cercle et pouvant, par une disposition particulière, être élevées, dans un temps court, à une température de 90°. Lorsque l'opération marche chaque cuve est remplie de pulpe, mais de pulpe à sept états différents d'épuisement; la cuve 7, par exemple, contenant de la betterave neuve, la cuve 1 contiendra la pulpe épuisée et les autres des pulpes intermédiaires. Au moment où on fait passer de l'eau pure dans cette dernière cuve n° 1, le jus de la sixième, qui déjà a passé sur les six précédentes, passe dans la cuve 7, il y rencontre de la pulpe fraîche et finit de se charger de sucre. Cette concentration du liquide est favorisée par la température qu'on élève jusqu'à 90° dans cette cuve 7. Le liquide parvenu au maximum de la densité qu'il peut acquérir, s'écoule dans un réservoir, et la pulpe de la cuve n° 1, qui déjà a reçu six lavages successifs, et qui finit par être épuisée avec de l'eau pure, est remplacée par de la pulpe fraîche. Cette cuve n° 1 à son tour est portée à 90°, et reçoit le liquide qui a passé sur les six précédentes. En résumé, chacune des cuves devient, tour à tour, celle qui renferme la pulpe la plus neuve et la plus épuisée; tantôt elle reçoit un liquide chargé de tout le sucre qu'il a pu prendre dans six cuves, tantôt au contraire elle reçoit de l'eau pure qui épuise la pulpe.

Dans la fabrique de M. de Mesmay on a travaillé pendant quelque temps d'après ce procédé : on obtenait de 100 de betteraves 95 de liquide, tandis que pour repré-

senter tout le sucre on aurait dû obtenir 115. C'est 20 p. 0/0 de perte en sucre environ, car les 115 auraient fourni la même quantité de sucre que les 83 ou 85 de jus obtenus par la pression.

Le macérateur se composait de neuf cuviers dont six en fonction, un en chargement, un en vidange, et un en réserve pour les accidents. On employait le lavage méthodique : le n° 1 recevait l'eau, la liqueur passait au n° 2; celle-ci au n° 3, etc.

Quand le n° 1 était épuisé, on envoyait l'eau au n° 2, et ainsi de suite, en sorte que le lavage se faisait de la manière suivante :

eau ⇒ 1 2 3 4 5 6 ⇐ pulpe.
2 3 4 5 6 7.
3 4 5 6 7 8.
4 5 6 7 8 9.
5 6 7 8 9 1.
6 7 8 9 1 2.
7 8 9 1 2 3.
8 9 1 2 3 4.
9 1 2 3 4 5.
1 2 3 4 5 6.

Le premier en rang recevant toujours de l'eau pure, et le dernier fournissant toujours des liqueurs sucrées bonnes à évaporer; ce dernier est toujours chargé de betteraves neuves.

Par ce procédé la défécation était beaucoup plus difficile, les écumes étaient molles et se rassemblaient mal, et n'avaient pas la même nature que celle provenant des jus ordinaires.

La densité de la liqueur était presque égale à celle du jus, mais cela tenait évidemment à la présence de corps étrangers, la liqueur étant moins sucrée.

Ce procédé a été abandonné par M. de Mesmay et remplacé par des presses et râpes ordinaires.

MM. Martin et Champonnois ont cherché à simplifier les appareils macérateurs en assurant la continuité de l'opération; leur appareil se composait d'un siphon renversé, dans lequel circulait une chaîne sans fin, portant, de distance en distance, des palettes d'une surface un peu moindre que la section intérieure du siphon. La betterave, coupée en rubans, arrivait dans l'une des branches du siphon, suivait le mouvement de la chaîne et sortait épuisée par l'autre branche; l'eau du lavage suivait un chemin inverse, en sorte que la pulpe la plus épuisée rencontrait l'eau la plus pure, et la pulpe la plus neuve l'eau la plus chargée. Le siphon était muni d'une double enveloppe chauffée à la vapeur et destinée à élever la température du liquide, et par suite à crever les utricules de la betterave.

Ce procédé a été mis en pratique dans plusieurs établissements qui en ont obtenu des résultats assez satisfaisants: la défécation se faisait facilement, les évaporations de même, et la cuite était bonne; les produits obtenus s'élevaient à 6 p. 0/0 en sucre non claircé, ce qui répond aux rendements ordinaires.

D'après l'observation d'un fabricant, la liqueur du macérateur non déféquée rendait en sucre autant de centièmes qu'elle marquait de degrés à l'aréomètre.

Quand on opère sur les betteraves fraîches, comme nous l'avons supposé jusqu'ici, les appareils de macération à chaud ont, non-seulement l'inconvénient d'ajouter de l'eau au jus, mais encore celui de lui faire éprouver une altération plus ou moins grande. Ces deux causes réunies les ont fait rejeter de la plupart des fabriques où ils ont été essayés. Il est évident que si on opérait sur de la pulpe desséchée, les mêmes inconvénients ne se présenteraient pas et qu'on en obtiendrait de bons résultats.

3471. *Lévigateur.* L'appareil dont il s'agit effectue un lavage méthodique de la pulpe avec de l'eau froide; il est

dû à M. Pelletan. *Ce lévigateur* est un peu compliqué et a quelques uns des défauts précités; mais comme il est employé dans un assez grand nombre d'usines, et que d'ailleurs le principe sur lequel il a été fondé présenterait de grands avantages, en supposant que le procédé de dessiccation vînt à être adopté, nous donnerons le détail complet de cet appareil. Le lévigateur Pelletan se compose d'une vaste gouttière de 15 pieds de long sur 2 pieds de diamètre, divisée par vingt-quatre cloisons transversales qui produisent vingt-quatre cases indépendantes. Le tout est incliné de 15°, en sorte qu'en versant un liquide dans le haut, il descend, par trop plein, de case en case, et finit par s'écouler en bas. Des passages sont en outre ménagés de telle sorte que le liquide fait en descendant le plus de chemin possible.

Dans cette vaste gouttière se trouve plongée une espèce de vis d'Archimède, à compartiments disposés de manière que chaque fragment de la vis plonge dans une case. Lorsque cette vis tourne, chaque portion d'hélice rassemble et enlève la pulpe qui peut se trouver dans le liquide de la case, pour la rejeter dans la case supérieure, où elle est agitée et reprise pour passer dans la case suivante, et ainsi de suite jusqu'au sommet de l'appareil, où la pulpe tombe au dehors.

Les planches de cuivre qui forment les parois de ces portions d'hélice sont percées de beaucoup de trous, en sorte qu'elles agissent comme une écumoire pour enlever la pulpe et laisser le liquide. Ainsi la pulpe marche dans un sens, et les liquides dans un autre.

Une difficulté se présentait dans l'emploi de ce moyen : les trous des plaques de cuivre se bouchaient rapidement par le feutrage de la pulpe. Voici comment cet inconvénient a été levé. Chaque portion d'hélice ne fait que les cinq sixièmes du tour du cylindre, en sorte qu'il y a, dans la longueur de la vis, un sixième de vide. Un système de

vingt-quatre couteaux, dont chacun correspond à une hélice, nettoie continuellement l'intérieur; les couteaux remontent ensemble en suivant le plan des hélices, puis redescendent subitement par l'action d'un plan incliné pendant le passage du sixième vide. Ainsi, par le fait même du mouvement de rotation, l'appareil est incessamment tenu en état.

Au bas du cylindre se trouve un diaphragme en toile métallique, qui tourne avec l'hélice, et qui filtre le jus avant sa sortie de l'appareil.

Le lévigateur Pelletan peut exploiter 15,000 kilogrammes de betterave par jour.

Le lévigateur présente, sur le système des presses hydrauliques, une économie de main-d'œuvre et peut-être un rendement un peu plus grand; mais ces avantages sont contrebalancés par la dépense du combustible et le déchet sur la pulpe, qui est presque entièrement perdue.

En terminant l'énumération des différents procédés d'extraction du jus, nous résumerons les qualités propres à chaque système et les défauts qu'on peut lui reprocher.

L'extraction par *presses hydrauliques* ne donne que 70 p. 0/0 du jus contenu dans la betterave; le travail n'est pas continu, la manutention est considérable; mais on obtient du jus sans eau, et la pulpe peut être entièrement recueillie et utilisée comme la betterave elle-même pour la nourriture des bestiaux.

*La presse Pecqueur* évite la manutention des presses hydrauliques; le travail est continu, mais le rendement en jus n'est pas plus considérable.

*La macération à chaud* évite une partie de la main-d'œuvre, extrait peut-être plus de jus; mais, d'un autre côté, elle introduit de l'eau en assez grande quantité, et elle place le jus dans des conditions favorables pour sa fermentation.

*Le lévigateur* évite la main-d'œuvre, extrait peut être

plus de jus; mais il est plus cher d'entretien, il demande pour l'évaporation plus de combustible, et il laisse perdre presque entièrement la pulpe.

*Traitement des betteraves desséchées.*

3473. Le procédé par la dessiccation, déjà mis en pratique par M. Schutzenbach dans le pays de Bade et en Bavière, nous paraît appelé à jouer tôt ou tard un rôle trop important dans la fabrication du sucre indigène pour que nous n'entrions pas dans quelques détails à son sujet.

Voici la marche suivie dans les fabriques de M. Schutzenbach :

Les racines sont d'abord décolletées et lavées comme dans les autres procédés, et soumises à l'action d'une machine à découper, construite de façon que par l'action successive de plusieurs couteaux verticaux et d'une lame tranchante frappant en travers, elles se trouvent divisées en parallélipipèdes qui, sous l'influence de l'air, se recourbent sur eux-mêmes et ne peuvent plus se superposer.

Le découpoir n'est pas d'une construction fort dispendieuse, il peut valoir de 4 à 500 fr., il exige une force d'un demi-cheval de vapeur, et peut découper par jour 10 à 12,000 kilogr. de betteraves.

La dessiccation s'opère dans des étuves à air chaud à la température de 30 à 40° R. Les fragments découpés passent successivement et d'une manière continue, sur une série de filets ou de toiles sans fin, disposés horizontalement dans l'étuve ; en se rapprochant de plus en plus du point d'arrivée de l'air chaud, et tombent enfin complètement desséchés dans la machine à piler.

Un séchoir de 28 mètres cubes produit la dessiccation de 15 quintaux métriques de betteraves en 24 heures, et consomme 210 kilogr. de charbon de terre, soit 1 pour 6 d'eau. Or, 100 parties de betteraves contenant 84 eau et 16

de résidu, composé de 9 à 10 sucre et 6 ou 7 matières étrangères, et la betterave coûtant 16 fr. les 1000 kilogrammes, on aurait de la betterave sèche à 12 ou 13 fr. les 100 kilogr.; le sucre dans la betterave vaudrait donc 20 fr. les 100 kilogr.

Les betteraves séchées et pulvérisées, on en extrait le sucre avec de l'eau mélangée d'acide sulfurique. Pour cela on humecte 4 parties au plus de poudre de betteraves, avec neuf parties d'eau, à laquelle on a ajouté, selon la proportion de sucre contenue dans les betteraves, 2/3 ou 3/4 p. 0/0 d'acide sulfurique du commerce : on agite continuellement jusqu'à ce que l'eau acidulée soit absorbée, et l'on presse la masse. On met de côté la liqueur obtenue; on traite de nouveau le marc par l'eau acidulée au même degré, et on le soumet à la presse. Cette liqueur est employée au lieu d'eau pour humecter une nouvelle et pareille quantité de betteraves pulvérisées, et on continue ainsi à humecter et à presser la poudre de betteraves jusqu'à ce que tout le sucre lui soit enlevé.

Il est évident qu'un bon système de lessivage méthodique et par bandes, dans le genre de ceux dont nous avons parlé, en traitant de la *macération*, est bien préférable à celui que nous venons de décrire; aussi avons-nous appris que M. Schutzenbach avait renoncé au pressurage pour adopter la lixiviation.

Quand la liqueur obtenue possède une concentration convenable, on y ajoute, à une basse température, de la chaux hydratée en suffisante quantité pour neutraliser l'acide et laisser un petit excès de chaux. On laisse le dépôt se former comme à l'ordinaire, ce qui se fait déjà à la température de 60 à 70° R. Après la dessiccation des betteraves, la chlorophylle et la pectine restent presque complètement dans le marc, de manière que le suc n'en contient que peu, et se trouve déjà transparent et clair

avant l'épuration, au point d'être comparable, pour la teinte, au jus déféqué ordinaire.

Quand le précipité s'est déposé, on traite la liqueur comme on le fait en suivant les méthodes décrites plus loin, pour en extraire le sucre cristallisable; mais elle exige pour sa purification moins de noir animal que le suc exprimé des betteraves fraîches.

M. Schutzenbach emploie l'appareil de Roth : à la première crystallisation il obtient la qualité de sucre qu'on appelle bonne quatrième; à la seconde de la bonne commune.

L'eau qui sert pour extraire le principe sucré peut aussi être chargée de chaux vive au lieu d'acide sulfurique; dans ce cas on y ajoute un lait de chaux froid en assez grande quantité pour empêcher les betteraves de fermenter, et l'on agit du reste comme nous l'avons indiqué ci-dessus; mais il faut ajouter de l'acide sulfurique à la liqueur sucrée si la chaux est en trop grand excès.

M. Schutzenbach a aussi employé l'alcool pour extraire le sucre de la poudre de betteraves. Dans ce cas on humecte cette poudre avec le tiers ou la moitié de son poids d'eau chaude, à laquelle on a ajouté de la chaux éteinte, pour saturer non seulement l'acide libre des betteraves, mais encore pour la rendre légèrement alcaline.

Alors on y ajoute assez d'alcool pour dissoudre le sucre contenu dans les betteraves, et on exprime fortement; si l'on travaille convenablement, on obtient de cette manière une solution hydro-alcoolique pure et très concentrée. Elle ne contient qu'une très petite quantité de parties mucilagineuses, et en outre les matières salines et résineuses qui se trouvent dans les betteraves et qui sont solubles dans l'alcool.

On retire alors l'alcool à l'aide de la vapeur dans des cuves en bois à double fond; on retire également l'alcool des chausses, filtres, etc., au moyen des mêmes appareils

et toujours à l'aide de la vapeur. L'alcool retiré est ramené aux degrés ordinaires par les procédés connus.

Le sirop qui reste dans la cuve est filtré encore chaud à travers un linge pour en séparer les flocons; on le laisse refroidir et on le filtre à travers du noir animal granulé, pour retirer le peu de sels étrangers qu'il contient, et on le cuit de la manière ordinaire.

Nous ne sommes nullement surpris que M. Schutzenbach ait depuis longtemps abandonné ce procédé qui ne nous paraît offrir aucune espèce d'avantage, en compensation des inconvénients et des dangers sans nombre qu'il présente; en effet, quel que soit le mode qu'on emploie pour obtenir l'alcool, et pour le ramener, par la distillation, au degré convenable pour être employé de nouveau, il exigera toujours des dépenses fort considérables, surtout en combustible. D'un autre côté, on ne peut se dissimuler que le maniement continuel, dans une fabrique, d'une matière aussi inflammable que l'alcool, ne soit une cause presque certaine d'incendie. Par toutes ces considérations, nous ne pensons pas que ce prodédé puisse jamais être employé.

Il est indispensable d'indiquer, en terminant, que d'après les expériences de MM. Frémy et Boutron, la betterave sèche peut produire petit à petit de l'acide lactique aux dépens de son sucre, comme il arrive pour la pulpe de betteraves emmagasinée en silos.

Ceci admis, il devient très important de s'opposer à cette fermentation particulière qui atténuerait les bénéfices de la dessiccation. On pourrait très probablement en trouver le moyen dans l'emploi de quelques agents qu'on mettrait en contact avec les morceaux de betteraves, ainsi que M. de Lirac l'a fait pour la chaux, et M. de Forbin Janson pour le charbon. Les tranches barbouillées de ces corps pulvérulents se dessèchent mieux et se conservent

mieux qu'à l'état nu. Le travail de l'extraction n'en est nullement dérangé.

*Traitement du jus de betterave.*

3474. Le traitement du jus de betterave, tel qu'il s'opère dans la plupart des fabriques, se divise en six opérations, qui sont :

1° La défécation ;
2° Première filtration sur du noir animal en grain ;
3° Première évaporation ;
4° Seconde filtration sur noir ;
5° Cuite ;
6° Crystallisation, empli, travail des greniers, etc.

3475. *De la défécation.* Le jus étant obtenu par les différents procédés que nous avons indiqués, coule dans le réservoir qui doit le distribuer à une ou plusieurs chaudières à déféquer. Ces chaudières doivent être assez élevées pour que, par la seule différence de niveau, le jus puisse s'écouler dans tous les appareils subséquents.

Nous verrons, dans la disposition générale d'une fabrique, les moyens employés pour élever le jus des presses placées au rez-de-chaussée, au réservoir des chaudières à déféquer.

A l'état où on recueille le jus au sortir de la betterave, il contient plusieurs matières étrangères, de l'albumine, des débris de cellules, etc., qui, combinées ou mélangées avec le sucre, rendraient l'évaporation de l'eau difficile, impossible même, et empêcheraient la crystallisation; il est donc important de séparer ces matières, et on y arrive par l'opération connue sous le nom de *défécation du jus.*

Les procédés employés jusqu'à présent consistent à traiter le jus par un corps qui en sépare, sous forme solide, la plus grande partie des impuretés. Les seuls agents déféquants employés dans presque toutes les fabriques, sont :

l'acide sulfurique, la chaux et quelquefois ces deux corps simultanément.

L'emploi de l'acide sulfurique date de l'origine de la fabrication du sucre; Achard s'en servait de préférence à la chaux qui, en excès surtout, altère fortement le sucre crystallisable. L'acide sulfurique ne mérite cependant pas la préférence, il altère profondément le sucre par un contact prolongé. Plus tard, l'emploi simultané de la chaux et de l'acide sulfurique produisit des effets meilleurs; l'excès d'alcali était saturé par l'acide, le sucre était moins altéré et il avait un meilleur goût; mais ce procédé exigeait une grande habileté pour la saturation complète des deux agents, sans cela l'un ou l'autre en excès produisait de fâcheux effets.

L'application du noir animal à la filtration des jus a permis de revenir à l'emploi de la chaux seule, et l'examen des réactions qui se passent, soit dans la défécation, soit dans la filtration, a expliqué comment la défécation une fois faite et le liquide filtré, la chaux n'agissait plus que faiblement sur le sucre.

Voici les principaux phénomènes de la défécation :

1° La chaux sature les acides malique, pectique, etc.

2° Elle s'unit à l'albumine végétale et aide à sa coagulation.

3° Elle décompose les sels ammoniacaux et dégage l'ammoniaque.

Toutes les substances, rendues insolubles par la chaux ou la chaleur, forment un vaste réseau répandu dans tout le jus et entraînent en écume les substances étrangères.

4° Enfin, la chaux forme avec le sucre une véritable combinaison, un saccharate de chaux, dont la formation contribue peut-être à la séparation facile du sucre et des matières étrangères.

D'après l'action de la chaux, on comprendra quelles difficultés son emploi a dû présenter à l'origine de la fabri-

cation; cette substance, à la faveur du sucre, passait par toutes les opérations subséquentes, et par sa longue présence altérait le sucre et donnait des produits bien crystallisés, il est vrai, car la chaux même en excès facilite toujours cette opération, mais en moindre quantité et de goût détestable.

Maintenant que le jus, immédiatement après la défécation passe sur du noir animal qui détruit le saccharate et retient la chaux libre, l'inconvénient n'est plus aussi grave; mais ce n'est pas à dire qu'il soit complètement surmonté, il s'en faut de beaucoup encore. Tous les efforts des fabricants doivent tendre à améliorer la défécation, en évitant ,autant que possible, et l'emploi de l'acide sulfurique qui détruit le sucre crystallisable, et l'emploi de la chaux elle-même, qui donne toujours une saveur urineuse aux produits secondaires surtout, et leur ôte de leur valeur.

M. Bouché, habile fabricant de Pantin, est parvenu, en employant une petite quantité d'alun, à éviter la plus grande partie de la chaux; aussi obtient-il des produits fort beaux et d'un goût excellent. Nous décrirons plus loin le procédé de M. Bouché, qui lui permet d'obtenir directement du sucre raffiné.

3476. La défécation devant se faire le plus promptement possible, à cause des altérations que le jus pourrait subir, il est bon de ne pas employer des chaudières contenant plus de six à huit hectolitres de jus; par la même raison, on ne doit plus, maintenant, employer pour la défécation d'autre moyen de chauffage que la vapeur; elle évite les pertes et les inconvénients sans nombre inhérents au chauffage à feu nu; elle ne nécessite pour toutes les chaudières de la fabrique qu'un seul foyer, enfin elle permet d'arrêter instantanément et sans perte de combustible, toutes les opérations.

Les chaudières à déféquer (*pl.* XCVII) sont formées d'une partie cylindrique terminée par une portion de sphère; un

double fond, soit en fonte, soit en cuivre, comme le reste de la chaudière, reçoit la vapeur à haute pression qui doit élever la température du liquide à déféquer. Un fort robinet placé dans le fond sert à l'écoulement du jus; quelquefois, on construit ces robinets à deux ou trois ouvertures de plus en plus éloignées du fond et qui permettent de soutirer le liquide, sans entraîner le dépôt plus ou moins grand qui aurait pu se former pendant la défécation.

Pour opérer la défécation dans ces chaudières, on les remplit aux trois quarts du jus sortant de la pulpe, et on le porte aussi promptement que possible à une température de 55 à 60°; à ce point, on y verse le lait de chaux préparé d'avance, on agite vivement le liquide pendant quelques secondes, puis on le laisse en repos jusqu'à ce que sa température s'élevant toujours par l'arrivée de la vapeur, une première apparence d'ébullition se manifeste.

La proportion de chaux varie de 2, 5 à 12 pour 1,000, suivant la qualité du jus, et par suite, la variété des betteraves, la nature du terrain, etc. Cette quantité ne peut pas être reconnue d'après la densité du jus: il est donc utile de faire quelques essais préalables en petit sur chaque variété et de réitérer ces essais chaque semaine, pendant toute la saison.

Il est difficile de peser, à chaque opération, la quantité de chaux nécessaire, d'autant plus que sa qualité varie, et que des proportions plus ou moins grandes, des parties incomplètement éteintes ou restées en grumeaux, rendent plus variable encore la quantité de chaux active.

On remédie à ces inconvénients en éteignant à la fois et avec les plus grandes précautions, pour obtenir une bonne division, toute la chaux nécessaire au traitement des betteraves dans une campagne; on emploie ensuite, en mesures déterminées, la bouillie délayée dans l'eau de manière à marquer 13 à 14° à l'aréomètre de Beaumé.

Les caractères qui annoncent une bonne défécation ré-

sultant d'une proportion convenable de chaux et d'un chauffage rapide, sont les suivants : 1° une émanation d'ammoniaque; 2° une séparation tranchée au milieu du liquide de flocons nageant dans un suc clair, et faciles à observer dans une cuillère d'argent; 3° une pellicule irisée se formant dès qu'on souffle sur ce liquide; 4° une écume boueuse verdâtre se rassemblant, de plus en plus épaisse, à la partie supérieure de la chaudière, puis acquérant une consistance de caillé ou fromage frais égoutté; 5° des crevasses se manifestant dans l'épaisseur de l'écume; 6° une première irruption de jus clair dans une des fentes, annonçant l'approche de l'ébullition. Avec un excès de chaux le liquide offrirait encore tous ces phénomènes, mais le liquide clair conserverait une saveur âcre, que n'atténuerait qu'incomplètement sa filtration sur 3 à 4 pour 100 de noir animal en grains; enfin, un grand excès de chaux rendrait les écumes molles et émulsives.

Quelques soins que l'on ait pris dans le dosage de la chaux, il en reste toujours un excès dans le jus; avant l'emploi du noir en grains, cet excès restait jusqu'à la crystallisation du sucre et en altérait une proportion considérable ; depuis l'emploi des filtres Dumont, ce grave inconvénient a beaucoup diminué.

Dès que la défécation est terminée, ce que le premier signe d'ébullition annonce, il faut se hâter de fermer le robinet de vapeur et le retour d'eau, et d'ouvrir le robinet à air. (*Voy.* la légende.) Au bout de cinq minutes de repos, on retire l'écume et on ouvre le robinet de décharge, le suc coule soit directement sur les filtres à noir, soit dans un réservoir qui devra le distribuer à ces filtres.

En réduisant la défécation à ces phénomènes mécaniques, on voit qu'elle est fondée sur une coagulation de l'albumine, qui clarifie le jus et qu'on arrête dès que les écumes sont formées pour éviter que, brisées par l'ébul-

lition, elles ne se répandent de nouveau dans le liquide et n'en rendent la filtration difficile.

M. Braconnot a fait voir que l'albumine qui existe dans le jus de betteraves ne se coagulerait pas par la chaleur seule. Il faut que le jus contienne des sels de chaux et peut-être l'emploi de la chaux n'a-t-il pas d'autre but. Dès lors, il suffirait d'ajouter du plâtre, et à coup sûr si son emploi suffisait, ce serait une grande et utile amélioration dans le traitement du jus de betteraves; c'est à l'expérience en grand à prononcer.

3477. *Première filtration sur le noir animal en grains.* Autrefois, aussitôt après la défécation le jus était évaporé à feu nu, dans des chaudières spéciales, jusqu'à 20 et 30° de l'aréomètre Beaumé; arrivé à ce dernier terme, qui représentait une réduction des cinq sixièmes du volume, on soumettait le jus à une clarification semblable à celle qu'on emploie dans les raffineries. Cette méthode exposait donc, pendant toute la durée de cette longue évaporation, le jus à l'action de la chaux en excès et de toutes les autres matières étrangères que la filtration sur le noir fait disparaître. Aussi donnait-elle un grand déchet en sucre crystallisé, et fut-elle bientôt abandonnée.

Maintenant, dans toutes les fabriques de sucre, la filtration sur le noir, suit immédiatement la défécation.

M. Figuier, de Montpellier, fut le premier qui, en 1811, annonça l'énergique propriété décolorante du charbon d'os; cette découverte fut bientôt suivie de la proposition de M. Derosne de substituer cet agent au charbon végétal; ses efforts, puissamment secondés par ceux de MM. Payen et Pluvinet, qui fabriquèrent en grand le noir animal, le firent adopter promptement dans la plupart des sucreries et surtout des raffineries. Pendant longtemps le noir animal ne fut employé qu'en poudre fine; à cet état il ne put rendre qu'une faible partie des services qu'il remplit maintenant.

M. Dumont, fabricant éclairé, auteur du perfectionnement le plus utile que la France puisse réclamer dans la fabrication du sucre, avait été frappé de l'augmentation de l'effet décolorant du noir animal, lorsque la filtration s'opère en entier au travers d'une couche épaisse de celui-ci. La difficulté était de déterminer cette filtration en un temps assez court, et pour des sirops dont la densité s'élevait même jusqu'à 32° Beaumé, et cela sans fausses voies; il y est parvenu d'une manière inespérée : 1° en éliminant du noir toute la poussière ou folle-farine, en sorte que, n'offrant que des grains d'une grosseur assez considérable, la masse fût spongieuse et par conséquent facilement perméable; 2° en construisant un filtre dans lequel le noir se trouve entièrement plongé dans le liquide, en sorte que cet agent perdant de son poids, le poids d'un égal volume d'eau, il tend beaucoup moins à se tasser, et les espaces ainsi maintenus plus larges, le liquide se répand plus librement dans tous les interstices de la masse et il y circule sans fausses voies.

Ces conditions ont été favorablement remplies dans le filtre qui porte le nom de son inventeur M. Dumont. La planche XCVIII, fig. 33, donne un dessin de ce filtre et la légende en indique suffisamment la construction.

Voici comment est disposé le filtre pour qu'il soit prêt à recevoir le jus déféqué : On recouvre le faux fond métallique percé de trous d'une toile un peu claire, que l'on a préalablement mouillée et tordue légèrement; on la place de manière à ce qu'elle touche partout les parois du filtre; on met d'abord sur cette toile une quantité de noir suffisante pour en former une couche d'environ deux centimètres et demi, on nivelle avec soin et on tasse fortement et également partout; sur cette première couche on en forme une seconde, puis une troisième semblable, et on finit d'élever le noir à une hauteur de 0,40 avec des couches de 0,07 à 0,08 tassées successivement. La dernière couche

reçoit une toile semblable à la première, on la recouvre d'une seconde plaque métallique percée de trous. Le filtre ainsi disposé est prêt à recevoir le sirop.

Pour que la filtration se fasse dans de bonnes conditions, il faut avoir grand soin, pendant toute l'opération, de maintenir toujours le liquide à 0,07 ou 0,08 de la surface du noir, sans cela il se créerait indubitablement de fausses voies et le jus serait moins bien décoloré et moins pur.

Un grand avantage que présente le noir animal en grains, c'est qu'il peut servir pour ainsi dire indéfiniment en ayant soin de le revivifier lorsqu'il est saturé de substances étrangères, et lorsque son pouvoir décolorant est épuisé.

Une bonne revivification, opérée à une chaleur rouge, rend le noir presque aussi bon que lorsqu'il était neuf, et en y ajoutant une faible quantité de ce dernier pour réparer les pertes, il reprend toute son énergie première.

Le jus filtré se rassemble dans un nouveau réservoir, qui doit le distribuer aux chaudières d'évaporation.

3478. *Première évaporation.* La première évaporation a pour but, tout en concentrant le sirop, de précipiter des sels solubles qui avaient échappé à la première filtration, et de les préparer à se déposer sur un second filtre Dumont.

Achard, le père de la fabrication du sucre de betteraves, avait, dès l'origine, apprécié les difficultés que présentait l'évaporation à feu nu; aussi avait-il essayé le chauffage à vapeur, mais il était tombé dans un inconvénient encore plus grave, en n'employant que de la vapeur à basse pression, qui ne pouvait élever la température du jus au delà de 70°, il en résultait une évaporation qui durait des heures entières, et qui rendait incrystallisable une bonne partie du sucre contenu dans le jus. Ces résultats peu satisfaisants engagèrent les fabricants à opérer directement à feu nu, et les inconvénients de ce mode de chauffage étant compensés

par une vitesse plus grande, il donnait des produits plus considérables.

L'emploi de la vapeur à haute pression et la construction d'appareils propres à l'utiliser avantageusement, changea de face le principe d'Achard, en réunissant les avantages d'une température égale, facile à modifier instantanément, à une promptitude d'évaporation supérieure même à celle qu'on peut obtenir à feu nu; car, par l'emploi de la vapeur, on peut multiplier sans risques les surfaces de chauffe.

Ces avantages, et bien d'autres qu'il serait trop long de signaler, ont propagé avec une telle rapidité le chauffage à vapeur dans les fabriques de sucre, qu'il en est bien peu aujourd'hui qui marchent à feu nu; et les colonies, qui depuis des siècles emploient cette dernière méthode, commencent à lui substituer la nouvelle.

3479. *Des chaudières d'évaporation.* Nous ne parlerons pas des chaudières à feu nu, par les raisons que nous venons de donner. Quant aux chaudières chauffées à la vapeur, il en existe deux systèmes bien tranchés : l'un évapore à air libre, c'est le plus généralement employé; l'autre produit le même effet à une plus basse température, dans un vide partiel. Ce dernier, vu sa complication et son prix élevé, ne peut être employé que dans les grandes exploitations, et on le réserve en général pour la cuite, dans quelques usines et dans presque toutes les raffineries.

Les chaudières à air libre sont en grand nombre; elles se composent toutes d'un vase en cuivre dans lequel le jus est évaporé, et d'une grille ou assemblage de tuyaux placés au fond de la chaudière et recevant la vapeur à haute pression. Tantôt cette grille est circulaire et formée d'un tuyau en hélice qui reçoit la vapeur et qui, parvenu au centre de la chaudière, se replie et revient parallèlement à lui-même sortir tout près du point par où il est entré (*pl.* XLVII *fig.* 2 et 3). Le principe de cette disposition, dû à M. Hallette, a pour effet d'établir une tempé-

rature moyenne partout la même. Ce principe est adopté, mais on emploie quelquefois deux tuyaux concentriques, dont l'un reçoit la vapeur au centre de la chaudière et l'autre à la circonférence; tantôt cette même disposition est adaptée à une chaudière rectangulaire à bascule (système Vidal); tantôt enfin, comme dans le système Pecqueur, la vapeur arrive simultanément dans les huit tuyaux qui forment la grille, sort sans être condensée, et retourne directement à la chaudière, etc.

Tous ces systèmes, ainsi que l'appareil Taylor, le plus ancien, étant employés de concert avec les appareils dans le vide, tant pour la cuite du sirop, que pour l'évaporation, nous remettons à cette phase de la fabrication la description de ces diverses chaudières, et des avantages qui leur sont propres.

Dans la première évaporation le sirop est ordinairement ramené à 33° Beaumé; à ce point on ferme le robinet de vapeur, et on vide le sirop dans le réservoir qui doit de nouveau le distribuer sur les filtres Dumont.

3480. *Deuxième filtration sur le noir en grains.* La seconde filtration s'opère sur les mêmes filtres Dumont et avec les mêmes précautions que la première; seulement on a soin d'employer du noir neuf qui sert ensuite à passer la clairce.

Cette seconde filtration a pour but de retenir, à la faveur du noir animal, les substances étrangères qui avaient échappé à une première filtration, de séparer la chaux précipitée par l'évaporation, de retenir quelques autres sels, enfin de décolorer le sirop que l'évaporation contribue à colorer.

Le sirop doit sortir des filtres clair et limpide, il est prêt alors à éprouver la cuisson et à donner des cristaux d'une belle nuance.

3481. *Cuite ou dernière évaporation.* La cuite a pour but d'amener le sirop au degré convenable à sa cristallisation.

Nous ne dirons rien du procédé de cuite qui consistait à évaporer le jus dans des chaudières fixes et chauffées à feu nu; on en comprend facilement les inconvénients.

Nous dirons peu de mots sur la chaudière à bascule chauffée à feu nu, qui fut un véritable perfectionnement de la précédente. Cette chaudière est simple, facile à manœuvrer, la cuite s'y fait rapidement : c'est la meilleure à employer dans une fabrique qui ne marche pas à la vapeur; mais elle a le défaut des chaudières à feu nu : malgré la plus grande surveillance le sirop est toujours un peu caramélisé. Il est convenable, dans toute fabrique qui possède un générateur de vapeur, de faire la cuite avec un des appareils que nous allons décrire; si la dépense première est plus considérable, le résultat a bientôt balancé la différence.

Les appareils de cuite à la vapeur se divisent, comme nous l'avons dit, en deux systèmes bien marqués; tous deux marchent à vapeur à haute pression : mais dans l'un l'évaporation se fait à *air libre*, dans l'autre elle se produit dans le *vide relatif*. Un troisième système, qui a eu beaucoup de retentissement, est celui de M. Brame Chevalier, il consiste à évaporer à air libre, à la vapeur forcée conjointement avec de l'air chaud insufflé.

Les deux premiers systèmes étant généralement employés dans la plupart des raffineries, et étant susceptibles d'être introduits avec avantage, comme l'expérience l'a prouvé, dans les colonies; nous allons les passer en revue et indiquer les avantages de chacun. Quant au troisième, comme il renferme des dispositions ingénieuses et nouvelles, nous en dirons quelques mots.

3482. *Cuite à air libre et à vapeur forcée.* Plusieurs chaudières sont fondées sur ce principe; mais elles ne diffèrent entre elles que par la forme de la chaudière et la manière dont la vapeur est distribuée; nous ne parlerons donc que de celles qui présentent véritablement des particularités notables.

La *chaudière Taylor* est la première de ce système qu ait été employée en France; elle se distingue de celles qui furent imaginées plus tard, en ce que la grille, au lieu d'être formée de tuyaux simples, se compose de tuyaux doubles et concentriques. La vapeur arrivant dans un tube général est distribuée à quinze ou seize petits tubes perpendiculaires qui occupent en longueur le fond de la chaudière; ces tubes sont enveloppés par des tuyaux d'un plus grand diamètre dans lesquels la vapeur, après avoir traversé les premiers, circule et finit de se condenser. Un second tube général reçoit l'eau condensée de tous les tubes, et la reporte au générateur. La grille est, comme on le voit, un peu compliquée, et sa disposition n'est peut-être pas autorisée par une évaporation telle qu'on devrait l'attendre. Quoi qu'il en soit, cette chaudière a rendu de grands services à la fabrication, et elle a servi, pour ainsi dire, de transition entre les chaudières à feu nu et les appareils à vapeur plus compliqués.

*Chaudière à serpentins concentriques.* Cette chaudière cylindrique est construite par M. Halette, d'Arras; nous renvoyons, pour sa description, à la planche XLVII et à la légende y relative. La disposition du serpentin double présente l'avantage de donner une température égale dans tous les points de la chaudière. Et en effet, comme on le voit dans la figure 2, les deux tuyaux du serpentin sont disposés de telle manière, que la partie la plus froide de l'un est à côté de la partie la plus chaude de l'autre. Cette même disposition a été réalisée par un autre constructeur, dans une chaudière rectangulaire terminée à l'une de ses extrémités par un demi-cercle.

*Chaudière Pecqueur.* M. Pecqueur a construit deux ou trois cents chaudières sur le système d'évaporation à air libre et à vapeur forcée. La chaudière de cet habile fabricant est chauffée par plusieurs tubes de 0,05 à 0,06 de diamètre, séparés les uns des autres, prenant tous nais-

sance sur un tuyau général, faisant le tour de la chaudière et aboutissant à un second tuyau général.

La chaudière bascule sur les deux tuyaux d'arrivée et de sortie de vapeur, disposition qui facilite l'écoulement du sirop lorsqu'il est arrivé au terme convenable.

Le serpentin tourne sur les mêmes axes, ce qui facilite aussi le nettoyage de la chaudière.

Les tubes chauffeurs étant d'un diamètre considérable, et parcourant un espace peu étendu, la vapeur ne perd pas toute sa tension; il résulte de cette disposition deux avantages : le premier, c'est que la température est uniforme dans toute la chaudière; le second, c'est que la vapeur, en partie condensée, retourne directement au fond du générateur, une différence de niveau de 2 à 3 mètres entre la partie supérieure du générateur, et la partie inférieure de la chaudière de cuite suffit pour que ce retour s'opère sans la moindre difficulté. La vapeur doit être au moins à trois atmosphères. Chaque chaudière peut en moyenne évaporer et cuire quatre hectolitres à l'heure.

3487. *Chaudière à air libre, continue.* Plusieurs essais de chaudières continues ont été faits, aucun d'eux n'a encore parfaitement réussi; en général, ces chaudières sont formées d'un fond ondulé et incliné à l'horizon et qui va en se rétrécissant de plus en plus jusqu'au robinet de sortie et d'une paroi qui environne la surface évaporante. Celle-ci est chauffée par un double fond, quelquefois continu, et d'autres fois, ce qui vaut mieux, formé de tubes très rapprochés et soudés les uns aux autres. Le sirop arrive continuellement à la partie supérieure et se distribue au moyen d'une gouttière sur toute la largeur de la chaudière.

Pendant la cuite, les sirops se colorent et s'altèrent toujours plus ou moins, suivant qu'ils sont plus ou moins impurs. Ces altérations sont principalement dues à l'action de la chaleur et elles augmentent avec la température ou avec la durée de son influence. Evaporer à une tempéra-

ture basse et évaporer vite, tel est donc le but qu'on doit se proposer. L'action de l'air, comme cela est bien reconnu maintenant, n'a aucune influence sur le sucre; tous les efforts des constructeurs doivent donc tendre à diminuer les effets de la chaleur.

Le système à vapeur forcée et à air libre détruit une grande partie de ces causes d'altération; car il permet de chauffer uniformément le jus, et de l'évaporer avec une assez grande promptitude, ce système, simple et économique, sera donc longtemps encore recherché, surtout dans les fabriques de moyenne importance. Cependant on est parvenu, avec des appareils beaucoup plus compliqués, il est vrai, et plus dispendieux, à obtenir des effets meilleurs encore, en abaissant la température d'ébullition du sirop, en cuisant ce dernier dans le vide.

3484. *De la cuite dans le vide.* Tout le monde sait que les liquides bouillent à une température d'autant plus basse, qu'ils supportent une moindre pression.

*L'appareil Howard*, qui porte le nom de son inventeur, est le premier qui ait été construit sur ce principe. Il se compose d'un vase sphérique en cuivre, à double fond, chauffé par la vapeur, et dans lequel le vide est entretenu à l'aide d'une pompe à air et d'un réfrigérant intermédiaire où se condense l'eau évaporée. Malgré les avantages que présente cet appareil, il est peu employé à cause de son prix élevé, de sa complication, de son entretien assez dispendieux, et du moteur qu'il exige pour faire manœuvrer la pompe à air; mais aussi, il faut le dire, le vide est très bien entretenu.

*L'appareil de Roth modifié par M. Bayvet* produit des effets analogues au précédent, un peu moins exactement peut-être, mais il évite une partie de ses inconvénients. Cet appareil dont la planche XCIX donne une idée très complète, est, comparativement au précédent, d'une grande simplicité. Il se compose d'une chaudière à double fond en

cuivre, semblable à celle d'Howard et d'un grand vase réfrigérant, où s'opère la condensation de la vapeur au moyen d'une pluie d'eau. Le vide, au lieu d'être produit par une pompe à air, se fait par une injection de vapeur que l'on peut faire intervenir à volonté; l'air une fois chassé, la vapeur se condense dans le réfrigérant. Pour hâter la cuite déjà si prompte, M. Roth a fait arriver simultanément la vapeur dans le double fond et dans un serpentin ou tuyau contourné en spirale, placé sur le fond intérieur, et où elle circule constamment; avec cette dernière addition, la chaudière de M. Roth opère la cuite dans quatorze à seize minutes; la température de l'ébullition étant de 60 à 65° Réaumur. Avec un appareil de deux mètres de diamètre, on peut cuire 12,000 kilogr. de sucre par jour.

La quantité d'eau nécessaire pour la condensation des vapeurs étant considérable (cinq litres par litre de sirop à cuire), l'appareil Roth ne convient que dans le cas où l'on peut avoir ce liquide en abondance; dans le cas contraire si l'on veut cuire dans le vide, il faut ajouter à l'appareil une pompe à air comme dans celui d'Howard; ou bien faire usage du réfrigérant, adopté par M. Bayvet, et qui consiste en un grand nombre de tubes de cinq mètres de hauteur, en tôle forte, sur lesquels l'eau échauffée par la condensation, se répand et se rafraîchit par deux ascensions successives; de cette manière, la même eau peut toujours servir, mais cette disposition nécessite aussi une pompe pour élever l'eau; on doit donc s'en dispenser toutes les fois que la localité le permettra.

*Appareil Degrand.* Cet appareil, modifié par M. Derosne, produit, comme les précédents, de très bons effets; il en diffère essentiellement en ce que la vapeur, au lieu d'être condensée par le contact immédiat de l'eau, l'est par le refroidissement qui résulte, 1° du contact d'une couche de ce liquide sur une surface métallique; 2° de l'é-

vaporation spontanée de la même eau. La planche C donne une idée d'un de ces appareils construits par M. Derosne. Cet habile fabricant maintient le vide de deux manières : tantôt l'extrémité des serpentins communique avec un vase solidement établi, dans lequel un jet de vapeur peut opérer le vide, et qui, mis en communication avec les deux serpentins, diminue la quantité d'air qu'ils renferment; d'autres fois, et c'est le procédé qu'il emploie maintenant, M. Derosne maintient le vide, et extrait l'eau condensée dans les serpentins au moyen d'une pompe qu'il fait mouvoir avec une petite machine à vapeur à rotule.

L'appareil Degrand convient particulièrement aux fabriques de sucre de betteraves, car on peut employer, pour refroidir les deux serpentins, le jus de première évaporation lui-même, et le concentrer d'autant sans dépense de combustible.

M. Derosne a cherché à profiter de toute la chaleur produite dans l'évaporation du sirop, en appliquant la vapeur produite par la cuite du sirop dans une première chaudière, à l'évaporation d'un sirop plus concentré placé dans la chaudière où il fait le vide; la première chaudière est elle-même chauffée avec de la vapeur à haute pression fournie par un générateur.

Si cet appareil donne une économie de combustible, elle est peut-être annulée par les inconvénients qui résultent de sa complication; il a, du reste, été trop peu employé pour qu'on ait des résultats bien certains de ses effets.

Les différentes chaudières à cuire dans le vide que nous avons indiquées jusqu'ici, sont toutes munies de dispositions d'une grande simplicité qui rendent le travail plus facile, et qui permettent de s'assurer à chaque instant de l'état du sirop, sans détruire le vide; ces dispositions se composent :

1° D'une sonde pour prendre la preuve (Voy. *fig.* 4, *Pl.* XLIX), ou simplement d'un robinet dont la clef entaillée mais non percée, donne une petite portion du sirop toutes les fois que, l'entaille étant placée du côté de la cuite, on lui fait décrire un demi-tour;

2° D'un robinet semblable, dont l'encoche, tournée d'ordinaire du côté d'un entonnoir, se remplit de beurre fondu, qu'elle introduit dans la chaudière par un simple demi-tour qu'on imprime à la clef;

3° De deux tubulures garnies de verres, qui permettent d'observer le travail à l'intérieur de la chaudière;

4° D'un thermomètre qui donne la température du jus;

5° D'un manomètre qui indique la pression existant dans l'appareil.

*Chaudière à cuire dans le vide, de M. Pelletan.* M. Pelletan, dont les innovations se retrouvent dans toutes les parties de l'industrie du sucre, a imaginé et fait construire un système de chaudière à cuire dans le vide, qui diffère de tous les précédents sous plusieurs points de vue.

Le vase où s'effectue l'évaporation du sirop est un cylindre en cuivre semblable à un générateur; la cuite s'opère au moyen d'une grille à vapeur formée de plusieurs tuyaux un peu moins longs que la chaudière et réunis en faisceau; cette grille s'introduit à volonté dans le corps de la chaudière par une des extrémités de celle-ci, car elle est montée sur une plaque que l'on boulonne à l'orifice de la chaudière. Celle-ci est cylindrique; elle communique par un large tuyau muni d'un robinet et d'une valve, avec une colonne en cuivre dans laquelle on produit à volonté une pluie d'eau froide. Le bas de cette colonne communique avec une pompe de rotation, mise en mouvement par un moteur quelconque. C'est dans cette colonne que vient se condenser la vapeur. M. Pelletan établit le vide dans son appareil par une injection de vapeur qui, sortant par un orifice étroit, entraîne l'air contenu dans le

cylindre, et y produit un vide de 50 à 60 centimètres de mercure.

L'appareil est, du reste, muni de deux tuyaux, l'un pour aspirer le sirop, l'autre pour expulser la cuite; un second jet de vapeur sert à produire, par l'entremise de l'air, une pression qui permet au sirop de s'écouler hors de la chaudière.

Une pompe ingénieusement appliquée sur la chaudière fait sortir et rentrer à volonté plus d'un litre du liquide en travail pour juger de son état.

L'économie de vapeur que peut présenter l'appareil de M. Pelletan, ne saurait être reconnue que par la pratique; on peut dire, toutefois, qu'il présente des dispositions heureuses qui resteront à la fabrication du sucre; la forme de sa chaudière est celle qui, sans perdre en solidité, est la plus commode. Le déplacement facile du serpentin présente aussi beaucoup d'avantage et en rend le nettoyage très facile et très prompt; circonstance importante, car le serpentin est très disposé à s'incruster de calcaire.

3485. *Évaporation du sirop à air libre, à vapeur forcée, et insufflation d'air chaud; système Brame-Chevallier.* Le système Brame-Chevalier (les planches CI et CII donnent une idée complète de cet appareil) se compose : 1° des chaudières contenant la clairce ou le sirop; 2° d'un chauffoir où l'air prend la température utile; 3° d'une machine soufflante qui lance dans le chauffoir, puis dans le double fond des chaudières, la quantité d'air nécessaire pour opérer la concentration en quelques minutes.

Le sirop contenu dans chaque chaudière est chauffé à la vapeur, au moyen d'une double grille composée de tubes en cuivre; la vapeur entre par une des extrémités des grilles et sort par l'autre extrémité avec l'eau de condensation, qui est ramenée à la chaudière par un retour d'eau.

L'appareil dans lequel l'air est échauffé, se compose d'un grand cylindre renfermant nombre de tubes en

cuivre dans lesquels on fait arriver de la vapeur; l'air froid refoulé par la machine soufflante vient lécher tous ces tubes, s'échauffe, et se rend dans le double fond de la chaudière d'évaporation; une multitude de trous très fins lui livrent passage au travers du sirop; du reste la chaudière est à bascule, et les serpentins et les tubes qui amènent l'air chaud sont disposés de manière à ne pas gêner son mouvement.

L'appareil Brame-Chevalier remplit bien les conditions de rapidité et de basse température qu'on cherchait à obtenir; en effet, tout en étant évaporé à air libre, le sirop se cuit à une température de 75 à 80° centésimaux, quoique la température des grilles soit à 150°. Ce résultat s'obtient par le refroidissement qui se produit par l'évaporation rapide du sirop.

La concentration se fait avec une extrême rapidité : quatre à cinq minutes suffisent pour cuire la clairce, dans une raffinerie.

Cet appareil a démontré, sans qu'il puisse rester aucun doute, que l'air n'est pour rien dans les altérations du sucre pendant l'évaporation.

Mais il faut bien le reconnaître, si le système d'insufflation donne de bons produits, ils sont achetés bien chers; l'appareil est d'un prix élevé, il nécessite une machine soufflante qui dépense du combustible, et qui elle-même représente un capital considérable; enfin, il faut une quantité énorme de vapeur pour échauffer l'air insufflé. On peut donc dire, sans crainte de se tromper, que le système d'insufflation ne pourra pas lutter avec avantage avec les autres modes d'évaporation et de cuite, tant qu'on l'emploiera dans les circonstances où on s'en est servi jusqu'à présent.

3496. Outre tous les systèmes de cuite que nous venons d'indiquer, on en a essayé un grand nombre d'autres plus

ou moins ingénieux, qui pour la plupart n'ont pas été adoptés, et dont quelques uns sont peu employés. Parmi ces derniers nous citerons toutefois l'appareil de MM. Martin et Champonnois, remarquable par sa simplicité; il se compose d'un plus ou moins grand nombre de colonnes, d'un mètre de diamètre sur cinq mètres de haut, en tôle de cuivre, épaisse d'une ligne. Chacune de ces colonnes est nue ou recouverte extérieurement d'une toile métallique claire. En haut une galerie circulaire crénelée reçoit le sirop d'un réservoir et le distribue ensuite sur toute la surface de la colonne, où il s'évapore en coulant en couche mince, sous la double influence de l'air extérieur qui le sèche, et de la chaleur que lui communique la vapeur fournie continuellement à l'intérieur de la colonne par un tube partant du générateur. Trois voyages successifs et sept à neuf minutes suffisent pour rapprocher le jus à 30°. Cet appareil, simple et facile à nettoyer, pourrait être employé avec avantage dans certaines circonstances, pour évaporer le jus.

3487. Il y a plusieurs moyens de s'assurer que le sirop s'approche du terme de l'évaporation : ceux qui sont fondés sur les indications de température, les observations qui reposent sur la densité du jus prise à l'aréomètre, donnent des résultats inexacts, soit à cause de l'infidélité des instruments, soit à cause de la difficulté des observations, soit enfin à cause de la petitesse des différences qu'il s'agit d'apprécier.

Le mode le plus généralement adopté, est connu sous le nom de *preuve au filet :* le résultat qu'il donne est indiqué par la forme et la longueur du filet qui se produit lorsque, le sirop étant pris entre l'index et le pouce, on écarte vivement ces deux doigts.

La preuve au soufflé est encore plus rigoureuse. Elle consiste à plonger dans le sirop bouillant une écumoire et

à souffler vivement sur la surface de cette dernière; si la cuite est arrivée à son terme, il se formera une multitude de bulles légères qui s'envoleront derrière l'écumoire.

Dès que le terme de la cuite est reconnu, on soutire le sirop dans une chaudière dite rafraîchissoir, où la crystallisation commence.

3488. *Cristallisation, empli, travail des greniers, etc.* On appelle empli, la pièce où sont contenus les rafraîchissoirs et les cristallisoirs; cette pièce placée à proximité des chaudières à cuire, doit être entretenue à une douce température, afin que le sirop conserve la fluidité utile à la crystallisation.

Lorsqu'on a rassemblé dans un crystallisoir six, huit ou dix cuites, on dirige le sirop dans un second crystallisoir vide, et on laisse reposer le premier jusqu'à ce que la température soit abaissée à 50 ou 55°; alors la crystallisation commence à s'opérer, lorsque le jus étant d'ailleurs d'une bonne qualité, toutes les opérations ont été bien conduites.

On agite le liquide avec une grande spatule en bois afin de répandre dans toute la masse les crystaux adhérents aux parois, et de rendre la crystallisation uniforme; on porte aussitôt dans les crystallisoirs tout le sirop cuit, à l'aide de bassines à anses.

Les crystallisoirs peuvent avoir différentes formes.

Lorsque le sirop qu'ils contiennent se trouve sur une assez grande surface en contact avec l'air atmosphérique, la crystallisation marche plus vite; toutefois, on se contente des grandes *formes*, dites bâtardes, dans la plupart des fabriques. On bouche avec un linge tamponné le trou dont leur fond est percé, et on les pose sur ce fond pour les emplir. Lorsque la crystallisation y est achevée, on les débouche et on les pose sur des pots dans lesquels elles s'é-

gouttent (1). On peut employer, comme M. Payen l'a fait, des crystallisoirs en forme de trémies en bois doublé de zinc; une lame en zinc perforée comme une écumoire, soutient les crystaux, et l'espace libre qui la sépare du fond permet au sirop de s'écouler librement et de se rassembler dans un seul vase. Quelle que soit la forme des crystallisoirs, il conviendrait que le sirop non crystallisé pût s'écouler dans un réservoir commun; plusieurs dispositions le permettent : nous en parlerons à l'article du *Raffinage*.

Le sucre retiré des crystallisoirs, bien égoutté et bien sec, est livré au commerce sous le nom de *sucre brut*. Le sirop qui s'est écoulé de la première crystallisation peut quelquefois être rapproché, et produire une seconde et même une troisième crystallisation. Les recuites de sirop exigent encore plus de précautions que le jus neuf; aussi les appareils à vapeur sont-ils préférables pour ce cas.

La crystallisation du sucre brut, telle que nous venons de l'indiquer, a remplacé, petit à petit, le procédé par crystallisation lente, qui cependant a rendu de trop grands services à la fabrication indigène pour que nous n'en disions pas quelques mots.

3489. *Crystallisation lente*. Lorsqu'on suivait cette méthode, on ne rapprochait les sirops qu'à 32° Beaumé environ, arrivé à ce point on les laissait refroidir jusqu'à 40 ou 50°, et on les portait à l'étuve, où des crystallisoirs en tôle étamée, ayant environ 22 pouces de long, 14 pouces de large, et 4 pouces de profondeur, contenant environ vingt litres, étaient disposés pour les recevoir sur des bâtis régnant tout autour de la pièce. L'étuve était entretenue au moyen d'un calorifère, à une température de 35 à 40° l'air étant sans cesse renouvelé. Chaque jour on avait soin de

(1) Ces opérations, qui durent plusieurs jours, ont lieu dans les greniers ou étages supérieurs de la fabrique.

casser la croûte crystalline qui se formait à la superficie et qui s'opposait à l'évaporation ultérieure. Lorsque la plus grande partie du sirop était crystallisée, on faisait égoutter les crystaux dans des trémies, le liquide était reporté à l'étuve, et le sucre brut, placé dans des sacs de coutil, était soumis à plusieurs pressions successives qui enlevaient la plus grande partie du sirop engagé entre les crystaux.

Quel que soit, du reste, le procédé de crystallisation employé, les sirops qui refusent de crystalliser sont amenés à 35° environ, et se vendent sous cette forme aux distillateurs.

3490. Avant de terminer la description de l'industrie sucrière, nous dirons quelques mots des tentatives qui ont été faites pour obtenir directement des produits beaucoup plus beaux que le sucre brut ordinaire, et même des sucres semblables aux sucres raffinés, sans cependant redissoudre le sucre brut comme on le pratique dans les raffineries.

Le *clairçage* est un des moyens les plus anciens qu'on ait employés pour purifier le sucre brut sans le sortir des formes, il consiste dans la filtration d'un *sirop saturé de sucre*, à la température où l'on agit, à travers le sucre brut. La *clairce* ne pouvant dissoudre le sucre, chasse au contraire, en le déplaçant, le sirop plus coloré qui salit les crystaux à leur superficie; elle se substitue à celui-ci dans les interstices, s'égoutte à son tour, et laisse le sucre bien moins coloré.

Les conditions essentielles au succès du clairçage sont :

1° Que la *clairce* soit assez chargée de sucre crystallisable pour n'en dissoudre que très peu ou point dans sa filtration;

2° Que la densité de la *clairce* soit à peu près la même, ou très peu moindre que celle du sirop à déplacer; la *clairce* trop dense coulerait mal; trop étendue elle glisserait sans entraîner le sirop ou mélasse adhérant aux cry-

staux. On doit donc employer à la préparation de la *clairce* des sucres d'autant plus impurs, que les sucres à claircer le sont davantage; car les sirops saturés de sucre crystallisable sont d'autant plus denses et visqueux, qu'ils contiennent en outre davantage de sucre incrystallisable et d'autres substances solubles;

3° Que la crystallisation dans les formes soit régulière et peu serrée; elle doit commencer et finir dans le même vase;

4e Que la température du lieu où se fait le *clairçage* ne varie pas trop, et soit au moins de 15°.

Pour opérer le clairçage, on a soin de gratter la superficie des pains, et de bien les égaliser; on verse alors à la fois trois kilogrammes de la clairce sur chaque forme égouttée, contenant en sucre crystallisé environ trente-cinq kilogr. On renouvelle cette addition trois fois en douze heures d'intervalle, et on laisse égoutter pendant trois ou quatre jours. Au bout de ce temps, le sucre est plus sec, plus beau et moins altérable que le sucre brut ordinaire.

Il est probable que le clairçage bien combiné, pourrait donner de très bons résultats.

3491. M. Bouché, fabricant de sucre distingué, est parvenu par l'ensemble d'une fabrication bien entendue, à produire, de prime à bord et sans refonte, des pains d'une beauté remarquable, et qui peuvent rivaliser avec les sucres sortant des raffineries. La possibilité d'obtenir du sucre blanc du premier jet, présentant une haute question d'économie, nous donnerons quelques détails sur la manière d'opérer en usage dans la fabrique de M. Bouché.

Les betteraves y sont conservées en magasins couverts, et l'on a soin de ménager de nombreux courants d'air; leur nettoyage est exécuté dans le cylindre laveur que nous avons décrit; le râpage se produit par les râpes étudiées plus haut; la pression se fait par la presse à cylindre

de M. Pecqueur et sans interruption. Tout le système est mécanique et continu ; un enfant à la râpe, un ouvrier à la presse, suffisent pour cette partie de la fabrication.

Dans la défécation, M. Bouché a introduit une grande amélioration, en diminuant de beaucoup la quantité de chaux employée jusqu'à ce jour, et dont l'effet est si nuisible au sucre crystallisable et lui donne un goût si détestable. Pour remédier aux inconvénients de la chaux, l'auteur se sert d'une dissolution d'alun dans la proportion d'un gramme et demi d'alun, par litre de jus. On la verse dans la chaudière aussitôt que le suc est arrivé à 40 ou 43° de température; on brasse fortement, et on continue de chauffer jusqu'à 80 ou 85°. On ajoute alors une petite quantité de chaux en lait, on brasse de nouveau et on porte à l'ébullition. Au deuxième bouillon, on arrête la vapeur, on laisse reposer cinq minutes et on retire une forte écume qui couvre le liquide. On ouvre le robinet de décharge, le suc coule clair sur un filtre à gros noir revivifié, et se rend dans une citerne pour être soumis à l'évaporation.

Si le suc déféqué est très clair, il n'en contient pas moins des sels qui ne se précipitent que lorsque le jus a acquis une certaine densité (12 à 15° Beaumé). Après la filtration, on le soumet à l'évaporation dans des chaudières Pecqueur, divisées par une cloison en deux compartiments. Le jus déféqué arrive continuellement par un robinet réglé, à l'extrémité d'un des compartiments, fait le tour de la chaudière et sort par un robinet opposé. Il se dirige dans une seconde chaudière disposée comme la précédente, et sort enfin avec continuité pour se rendre sur un filtre où il dépose une vase saline qui s'était précipitée par l'évaporation. Le sirop filtré est reporté à une autre chaudière, qui le concentre à 28 ou 30° Beaumé. A cette époque on le soutire et on lui fait subir une troisième filtration, mais sur une couche de

gros noir *neuf*; il est ensuite porté à la chaudière de cuite. Si on s'aperçoit que cette clairce n'a pas les qualités requises, on la soumet à la clarification, en employant un litre de sang et deux kilogrammes de noir en poudre par hectolitre de sirop.

On cuit moins fort pour les petites formes que pour les grandes. Le sucre étant cuit, tombe au rafraîchissoir, on remue la première cuite, et on laisse en repos jusqu'à la quatrième, où on remue de nouveau, et on emplit les formes. Le sucre ne tarde pas à crystalliser, on le remue avec un couteau en bois, et huit heures après il est délayé et mis en forme pour laisser écouler son sirop. Vingt-quatre heures après, on verse sur la base du pain un litre de belle solution sucrée, en entretenant la chaleur du grenier à 20° Réaumur. Le lendemain on répète la même opération, et, le jour suivant, on râpe les fonds avec une truelle, pour verser sur chaque pain un litre de terre argileuse délayée avec de l'eau et en bouillie. On laisse cette terre pendant quatre jours, ensuite on la retire, on nettoie le sucre et on le laisse égoutter et prendre de la consistance pendant trois jours. Enfin, on le retire des formes et on le met à l'étuve. Le sucre est alors parfaitement blanc, et prêt à être livré au commerce.

3492. M. Lecointe, directeur de la fabrique de M. Forbin Janson à Villelaure, est aussi parvenu à livrer du sucre blanc à la consommation, sans le raffiner. Le sucre brut, obtenu par les procédés ordinaires, est blanchi dans les grandes formes au moyen du terrage. On le loche, on le pile et on le passe à travers un crible métallique. Aussitôt après, on le met en petites formes qu'on emplit bien serré. La forme remplie est de suite renversée sur une planche qui peut contenir de douze à quinze pains de sucre. On porte ces derniers à l'étuve, et le lendemain le sucre a pris assez de consistance pour être manié et mis sur des rayons comme

les pains ordinaires provenant du raffinage; trois ou quatre jours après il est bon à livrer à la consommation. Ce procédé présente peut-être une manipulation un peu grande, et la blancheur n'est peut-être qu'apparente; cependant il est susceptible de bons résultats, comme l'a prouvé l'expérience.

3493. Nous terminerons la description de la fabrication du sucre de betteraves, en donnant quelques tableaux qui fourniront une idée des prix de revient du sucre brut, dans plusieurs contrées de la France, dans l'état actuel de la fabrication, et nous indiquerons comment ces prix pourraient diminuer de beaucoup, si le rendement s'approchait plus encore de la quantité de sucre qui se trouve réellement dans la betterave.

Nous donnerons d'abord un tableau comparatif des frais de culture, dans trois localités différentes.

*Frais de culture de la betterave, en bonnes terres pour un hectare.*

| | Nord. | Seine-et-Oise. | Env. de Paris. |
|---|---|---|---|
| Loyers, impôts, intérêts... | 115 fr. | 120 fr. | 180 fr. |
| Engrais ..... | 130 | 130 | 120 |
| Deux labours, deux hersages. | 86 | 100 | 96 |
| Semence répandue..... | 18 | 20 | 20 |
| Sarclage et binage..... | 36 | 45 | 46 |
| Arrachage et transport..... | 36 | 40 | 38 |
| | 421 fr. | 455 fr. | 500 fr. |

Le produit est en moyenne de 30,000 kilogrammes de betteraves; il va quelquefois jusqu'à 40,000.

Les 1,000 kilogrammes reviennent donc à 14 fr. 03 c.— 15,17—16,66.

Il faut ajouter à ce produit tous les avantages que le cultivateur retire de la culture de la betterave, avantages qui sont assez considérables.

3494. Nous donnerons maintenant le devis approximatif des appareils nécessaires à une fabrique qui voudrait travailler sur 30,000 kilogrammes de betteraves par jour et fournir pour un rendement de 5 pour 100, 1500 kilogr. de sucre par jour.

*Devis d'une fabrique devant traiter* 30,000 *kilogr. de jus de betteraves par jour* (*extraction par pression*).

| | |
|---|---|
| Trois générateurs | 16,200 fr. |
| Machine de dix chevaux et transmission | 15,000 |
| Trois presses hydrauliques<br>Une à cric pour commencer<br>Une à écumes | 12,000 |
| Râpe à poussoirs mécaniques et tambour de rechange | 1,600 |
| Claies et sacs | 2,000 |
| Tubes et robinets, distributeurs et retours d'eau | 5,000 |
| Chaudières à défécation essayées à 8 atmosphères<br>Chaudière Taylor à 15 atmosphères | 14,000 |
| Filtres, rafraîchissoirs, bacs, conduits, réservoirs d'eau chaude et d'eau froide | 5,200 |
| Distribution générale d'eau | 1,500 |
| Cinq cheminées en bois pour conduire la buée | 800 |
| Formes et gouttières à mélasse et sirop | 6,500 |
| Four à revivifier, bluttoir, débourbeur | 2,850 |
| Calorifère placé dans la cheminée des générateurs<br>—— à la vapeur de la machine<br>—— à cloche | 1,000 |
| Montage pour chaudières | 3,000 |

| | |
|---|---|
| Fermetures, portes, grilles, etc..... | 1,200 |
| Plans, devis, surveillance, montage..... | 5,400 |
| 70,000 briques à 30 fr. le mille..... | 2,100 |
| Façon, échafaud, etc..... | 1,000 |
| Bâtiments..... | 35,000 |
| | 132,150 fr. |

Dans le cas où on emploierait des appareils autres que les presses hydrauliques, et que les chaudières d'évaporation, les prix changeraient nécessairement; mais il est facile de faire les substitutions dans le tableau que nous venons de donner.

*Compte de revient d'une fabrique de sucre aux environs de Paris, traitement de* 36,000 *kilogr. par jour.*

| | |
|---|---|
| Betteraves, 36,000 kilogr. à 20 fr..... | 720 fr. |
| Houille, 65 hectolitres à 3 fr..... | 195 |
| Noir, 200 kilogr. + revivifié 800 kilogr.. | 80 |
| Chaux, 100 kilogr. + pertes et déchets.. | 10 |

*Main d'œuvre*, 12 *heures.*

| | | f. | c. |
|---|---|---|---|
| 2 chauffeurs ..... | | 6 | » |
| 1 mécanicien..... | | 3 | » |
| 1 revivificateur.... | | 3 | » |
| 1 laveur..... | | 2 | » |
| Râpage | 1 homme. | 2 | 50 |
| | 2 femmes. | 2 | » |
| Pressage | 3 hommes | 7 | 50 |
| | 4 femmes. | 4 | » |
| 1 déféqueur..... | | 2 | » |
| 1 écumeur..... | | 2 | 50 |
| 4 hommes à la purg. | | 12 | » |
| 3 —— —— | | 6 | » |

| | | |
|---|---|---|
| 1 contremaître.... | 6 | » |
| Frais de bureaux... | 8 | » |
| | 71 | 50×2 pour les |

| | |
|---|---|
| 24 heures = ..... | 143 |
| Toiles à presses..... | 20 |
| Réparations des fourneaux et claies..... | 30 |
| Houille pour le chauffage des greniers... | 10 |
| Intérêts ..... | 100 |
| Renouvellement, usure des ustensiles... | 80 |
| Un directeur, logement, appointem., etc. | 15 |
| Frais imprévus, éclairage, etc..... | 25 |
| | 1428 fr. |

Si le rendement est de 5 pour 100, on obtiendra 1800 kilogrammes de sucre brut; à 6 pour 100, 2,160 kilogr.; à 7 pour 100, 2,500 kilog..; et on aura pour le prix de revient les proportions suivantes :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| à 5 p. 0/0 | 1,800 | : | 1,428 | :: | 100 kil. | : 79 fr. |
| à 6 p. 0/0 | 2,160 | : | 1,428 | :: | 100 » | : 60 » |
| à 7 p. 0/0 | 2,500 | : | 1,428 | :: | 100 » | : 56 » |

On voit de quelle importance est le rendemeut plus ou moins grand qu'on obtient de la betterave, puisque le prix des 100 kilogr. de sucre brut peut varier de 56 à 79 fr. Il faut ajouter au sucre obtenu, le bénéfice accessoire qui se compose de :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Pulpe | 900 kil. | à | 15 fr. | = | 135 fr. » |
| Mélasse | 600 » | à | 4 » | = | 24 » » |
| Écumes | 360 » | à | 2 » | = | 7 fr. 20 c. |
| | | | | | 166 fr. 20 c. |

3495. Depuis l'année dernière, M. Mathieu de Dombasle a introduit des améliorations importantes dans le procédé

de macération, par l'effet de quelques modifications qui ne changent rien, toutefois, à la marche générale de l'opération : les frais ont été considérablement diminués, et par contre, les produits obtenus ont été augmentés dans une proportion vraiment considérable. Sans nous prononcer sur ce procédé qui n'est pas encore jugé, nous allons en faire connaître les résultats, d'après l'inventeur.

Un des reproches les plus fondés qu'on eût faits au procédé de macération, était relatif à la quantité de combustible employée. Sous ce rapport, M. de Dombasle paraît avoir fait disparaître cet inconvénient, par la macération à froid des betteraves, exécutée après qu'on en a détruit la vitalité, au moyen de l'ébullition, c'est à dire après qu'elles ont été *amorties*, comme dit M. de Dombasle. Par ce procédé, la consommation de combustible est réduite, à peu de chose près, à celle qui est nécessaire dans l'ancien procédé des presses.

Quant à la proportion des produits, on a constamment obtenu, dans la campagne dernière, de 1000 kilogram. de betteraves, dont le jus exprimé pesait 7° 1/2 à l'aréomètre, 130 à 135 kilogram. de masse grenée, pesée avant la mise en purgation. Cette masse a produit constamment au delà de 80 kilogr. de sucre de premier jet, et par la recuite des sirops on a obtenu encore plus de 20 kilogr. de sucre de deuxième jet. Au total, en moyenne, 104 kilogr. de sucre brut : soit, à très peu de chose près, *dix et demi* pour cent de betteraves.

Pour la qualité, les produits présentent une supériorité marquée sur les sucres provenant du procédé d'expression ; les sirops se comportent à la cuite comme de belles clairces de raffineries, et le sucre brut de premier jet présente la même nuance que celui des pains de *quatre cassons* avant le terrage. A l'aide d'un simple clairçage, il acquiert la blancheur et la saveur franche du sucre en pain.

Il résulte aussi des modifications apportées au procédé, une diminution considérable des dépenses de premier établissement, puisque *l'amortissement* des tranches de betteraves se faisant toujours dans la même chaudière, les autres vases de macération ne sont plus que de simples cuviers doublés en feuilles minces de zinc ou de cuivre.

On avait craint que les pulpes de betteraves, épuisées par la macération, ne fussent plus susceptibles d'être employées à la nourriture des bestiaux, ou d'être conservées; ces craintes n'étaient fondées ni l'une ni l'autre : on s'est assuré à Roville, que les bœufs et les bêtes à laine mangent fort bien cette pulpe, et qu'elle ne leur cause aucune espèce de dérangement.

Quant à la conservation de ces résidus, elle est aussi facile que pour ceux qui proviennent du procédé par le râpage ou la pression. Il n'est même pas nécessaire de les presser pour qu'ils se conservent parfaitement. Il suffit de les enfermer, sitôt qu'ils sortent de l'appareil de macération, soit dans des tonneaux, soit dans des silos, et de les priver du contact de l'air. La pulpe acquiert une saveur acidule, analogue à celle de la choucroûte, qui en rend très friands les bœufs et les moutons. Cette pulpe se comporte donc comme la pulpe de betterave pressée, et détermine comme elle la production de l'acide lactique.

Le rendement en sucre, évalué par M. de Dombasle à dix et demi pour cent du poids de la betterave, réaliserait le maximum théorique; car il s'accorde avec les quantités de sucre réel indiquées par les analyses les plus estimées de la betterave.

### *Emploi des mélasses.*

3496. Les mélasses de betteraves, eu égard au goût dés-

agréable qui les caractérise, sont d'un prix de beaucoup inférieur à celui des mélasses de canne ; cependant on parvient à en obtenir de l'alcool de *bonne qualité*, en les mélangeant, à chaud, avec du charbon animal bien préparé, et les faisant filtrer sur cet agent, avant de les soumettre à la fermentation. On les emploie aussi pour la fabrication de l'acide acétique et pour en extraire de la potasse.

Il existe plusieurs usines qui distillent les mélasses de la majeure partie des sucreries indigènes.

Voici le mode de fabrication qu'on y met en pratique :

On commence par saturer la mélasse par l'acide sulfurique, après l'avoir étendue de dix fois son poids d'eau à 25°. On ajoute de la levure de bière au mélange qui est placé dans des cuviers de six pieds de diamètre sur huit de hauteur. Chaque cuvier reçoit 12 à 20 kilogrammes de levure, 600 kilogr. de mélasse et 6000 kilogr. d'eau. Au bout de vingt-quatre heures la fermentation est à son maximum; en trois jours elle est entièrement accomplie.

On distille la liqueur une première fois; on obtient de l'eau de vie à 19°. On la redistille dans un appareil de Derosne qui l'amène à 38°.

2,500 kilogr. de mélasse fournissent 1200 litres d'alcool à 93 centièmes; ce qui représente à peu près, pour 100 kilogrammes de mélasse, 45 litres d'alcool, ou 30 kilogrammes environ. D'où l'on voit que la mélasse retient plus de moitié de son poids de sucre réel.

M. Dubrunfaut a reconnu que 100 kilogrammes de mélasse peuvent donner en outre, après l'extraction de cet alcool, 10 à 12 kilogrammes de résidu salin très riche en alcali, et il est parvenu à monter en grand l'industrie qui a pour but d'extraire celui-ci.

D'après ses expériences, les sels provenant de l'inciné-

ration des vinasses des mélasses de betteraves renferment, pour 100 parties :

7 à 11 sulfate de potasse,
20 à 17 chlorure de potassium,
27 à 45 carbonate de potasse,
25 à 34 carbonate de soude,
Quelques centièmes cyanure de potassium.

La présence du carbonate de soude rappelle involontairement que la betterave est une plante maritime. On doit ajouter toutefois que, d'après M. Dubrunfaut, ce même sel fait partie des cendres de plusieurs plantes cultivées en grand.

Quand on purifie le salin des mélasses par crystallisation, on obtient un sel double formé de un atome carbonate de potasse, un atome carbonate de soude, et 12 atomes eau. Il crystallise très facilement en prismes obliques rectangulaires. A l'air, ils absorbent l'acide carbonique et donnent du bicarbonate de soude poreux, tandis que le carbonate de potasse forme une dissolution qui s'écoule.

Pour extraire avec économie la potasse des mélasses, il faut faire fermenter le liquide chargé de mélasse de manière à fournir un produit contenant 4 ou 5 pour cent d'alcool. On le distille et on se sert du résidu pour une nouvelle fermentation avec égale quantité de mélasse. On distille de nouveau.

La liqueur riche en sels est évaporée; le résidu, calciné au rouge pour brûler les acides organiques, fournit lui-même une chaleur considérable qu'on utilise en dirigeant sa flamme sur des liquides à évaporer.

Le produit brut, ainsi préparé, peut ensuite être dissous et épuré par crystallisation.

## FABRICATION DU SUCRE DE CANNE.

3497. L'extraction du sucre de la canne remonte à des temps bien éloignés de nous; les Chinois profitèrent les premiers des propriétés de cette plante précieuse ; plus tard les Portugais et les Espagnols introduisirent la canne dans leurs colonies ; aujourd'hui, elle fournit la presque totalité du sucre qui se consomme dans le monde.

Aucune plante ne renferme une aussi grande quantité de sucre que la canne, et ne le donne aussi pur. Sous ce rapport, elle aura sans doute toujours la préférence sur toutes les autres, et ne pourra être remplacée que dans des circonstances exceptionnelles. La canne, en effet, contient, dans des conditions ordinaires, 90 pour 100 de jus, marquant à l'aréomètre de Beaumé, de 10 à 14°; et ces 90 renferment 18 ou 20 parties de sucre cristallisable, ainsi que l'ont démontré les recherches de M. Péligot.

M. Péligot, en combinant l'analyse du vésou et celle des cannes sèches qu'il avait reçues de la Martinique, en avait déduit la composition suivante pour la canne fraîche :

| | |
|---|---|
| Eau..... | 72,1 |
| Sucre..... | 18,0 |
| Ligneux.. | 9,9 |
| | 100,0 |

M. Dupuy a exécuté à la Guadeloupe des analyses qui lui ont donné les mêmes résultats. Il a trouvé, en effet, pour la composition de la canne fraîche :

| | |
|---|---|
| Eau..... | 72,0 |
| Sucre..... | 17,8 |
| Ligneux.. | 9,8 |
| Sels..... | 0,4 |
| | 100,0 |

On peut donc regarder la canne comme renfermant 18 pour cent de sucre, ou bien 10 pour cent de ligneux et 90 pour cent de jus.

La betterave se trouve à cet égard dans des conditions moins favorables, mais les procédés employés jusqu'à ce jour aux colonies, sont tellement imparfaits, que l'on ne retire pas moyennement le 1/3 de la quantité de sucre qui existe dans les cannes; ce qui revient à dire qu'à poids égal les cannes ne fournissent guère plus de sucre marchand que les betteraves, quand celles-ci sont traitées avec habileté.

Le détails de la fabrication expliqueront ce faible rendement, et montreront comment on pourrait parvenir à augmenter les produits, en écartant les nombreuses chances de pertes que présentent les procédés actuels.

3498. La canne à sucre regardée comme la plus productive, est celle désignée sous le nom de canne d'Othaïti ou canne à rubans. Elle demande une terre meuble, assez profonde, moyennement sèche. Les engrais ou amendements qu'il est nécessaire d'employer pour obtenir une récolte riche en matière sucrée, ne doivent pas entretenir une grande humidité, ni contenir des sels en forte proportion, car ceux-ci accroîtraient la dose de mélasse. Quelques colonies sont si pauvres en engrais, que l'on commence à expédier d'Europe une quantité considérable de sang et de chair musculaire desséchés. Malgré la haute valeur de ces produits, on les emploie encore avec un très grand avantage.

On a calculé qu'il fallait à peu près 3 ou 400 kilogr. par hectare, de ces riches engrais. Les 100 kilogr. reviennent à environ 38 à 40 francs rendus aux colonies françaises.

Le rendement d'un arpent de cannes en sucre brut est très variable. L'on ne connaît pas de moyen de l'apprécier, les cannes étant sur pied, autrement que par un essai de fabrication; celles que l'on croirait les meilleures à la

vue sont quelquefois celles qui rendent le moins de sucre, en réalité.

A la Louisiane, où la canne dégénère, l'on trouve, dans l'exploitation d'une récolte, des cannes qui ne rendent que 1000 kil. de sucre par hectare, quelquefois 1,500, plus rarement 2,000 ou 3,000.

Dans les colonies françaises, on compte sur un rendement moyen de 3,000 kilogr. par hectare, et on pense que ce rendement s'est affaibli par l'épuisement du sol.

A la Havane, où toutes les conditions favorables se trouvent réunies, l'hectare de terre produit en moyenne 6,000 kilog. de sucre.

En résumé, voici d'après les meilleurs renseignements les produits moyens calculés pour quinze mois, durée de la culture, et par année :

| 1 hectare. | 15 mois. | 1 an. |
|---|---|---|
| | kilogrammes. | |
| Martinique. Canne... | 2,500 | 2,000 |
| Guadeloupe. — ... | 3,000 | 2,400 |
| Bourbon. — ... | 5,000 | 4,000 |
| Brésil. — ... | 7,500 | 6,000 |
| France. Betterave... | | 1,500 à 2,400 |

Jusqu'à la récolte, il faut éviter avec le plus grand soin tout ce qui pourrait entamer les cannes, afin d'épargner au jus ces altérations provenant du contact de l'air qui produisent des ferments capables de se propager ensuite dans toute la masse du suc exprimé.

3499. On trouve le sucre dans les cellules de la canne, dès qu'elles sont formées, et il y reste jusqu'à la floraison et à la fructification de la plante. Le tissu cellulaire n'éprouve aucun changement pendant sa vie. De telle sorte, que les nœuds supérieurs et inférieurs offrent la même structure et présentent du sucre également pur dans leur jus. Le sucre de cannes est donc un produit primitif. Ces remarques de M. Hervy sont parfaitement justes.

Les rondelles de cannes desséchées se pulvérisent facilement.

L'alcool froid de 95° en extrait 3/100 d'une matière organique déliquescente, soluble dans l'eau, mêlée d'une trace de cérosie.

L'alcool bouillant enlève ensuite du sucre qu'il abandonne tout entier en cristaux, sans apparence de mélasse.

Mais d'après M. Hervy, dès qu'on opère sur du jus de canne ou même sur des cannes fraîches traitées par l'alcool, sans dessiccation préalable, on voit apparaître la mélasse, en proportion plus ou moins notable dans les résidus.

Toutefois, cette dernière assertion elle-même n'étant pas admise par tous les chimistes, il demeure évident 1° que la canne ne renferme que du sucre cristallisable ; 2° que si dans le vesou il se forme de la mélasse, celle-ci ne se produit pas sans difficulté et peut être évitée.

M. Dupuy a constaté récemment à la Guadeloupe que le vesou frais, déféqué par 1/1000 de chaux, ne donne que du sucre cristallisable.

3500. Nous allons passer rapidement en revue les anciens procédés généralement employés encore dans les habitations pour l'extraction du jus. Ils sont tellement défectueux que tous les appareils seront bientôt changés.

La canne récoltée doit être portée le plus tôt possible au moulin d'extraction; le moindre retard, par une température aussi élevée que celle des colonies, suffirait pour causer de profondes altérations dans le jus, et pour dénaturer une portion notable du sucre cristallisable.

Les moulins dont on se servait autrefois, et qui ne sont même pas entièrement abandonnés, se composaient de trois cylindres verticaux en pierre avec engrenages communicatifs de même matière. Ces machines fonctionnaient mal, exigeaient à chaque instant des réparations et ne donnaient qu'une bien faible partie du jus contenu dans la canne. Un appareil plus grossier encore est employé dans les Indes

orientales, où la main d'œuvre est, il est vrai, à si bas prix. Il se compose d'une espèce de mortier cônique dans lequel se meut un pilon qu'un esclave fait mouvoir au moyen d'un long levier, tandis qu'un autre esclave place les cannes une à une entre le pilon et le mortier.

Il suffit de décrire ces moyens barbares, pour démontrer leur insuffisance; aussi ont-ils été remplacés, d'abord par trois cylindres verticaux, solidement montés, avec engrenages en fer, mus ordinairement par des moulins à vent ou des roues hydrauliques.

Un nègre engage les cannes entre les deux premiers cylindres; un autre les prend à la sortie et les engage entre le second et le troisième cylindre, plus rapprochés que les deux premiers.

Ce moyen présente encore de graves inconvénients; il ne permet pas d'extraire tout le jus, et il exige une main d'œuvre trop considérable et trop difficile.

Enfin, dans les habitations les mieux dirigées, on a remplacé les cylindres verticaux, par un moulin analogue à celui de M. Nillus, dont nous donnons les dessins.

Ce moulin se compose de trois cylindres placés horizontalement et qui, très solidement construits, peuvent donner une pression énergique. On doit donc obtenir plus de jus que dans les moulins précédents. Cependant, ils ne remédient pas entièrement à un grave inconvénient, qui empêche d'extraire plus de 60 pour 100 de jus par une pression unique En effet, la canne contenant 10 pour 100 de tissu spongieux, retient toujours une quantité notable de son jus, par cela seul, qu'après la pression elle forme éponge, soit pour retenir ce jus, soit pour en absorber de nouveau. Nous verrons, plus loin, comment on parviendrait probablement à trancher cette difficulté qui est beaucoup plus grande que dans l'extraction du jus de la betterave, puisque cette dernière plante ne contient que 5 pour 100 de tissu, et que d'ailleurs avant de la soumettre à la

pression, on la réduit en pulpe aussi fine que possible.

Voici les rendements en vesou des cannes de la Guadeloupe, d'après M. Dupuy.

| Nom de l'habitation. | Vesou. | Bagasse. | Degrés de Boaumé du vesou. |
|---|---|---|---|
| Basse terre, commune *extra muros* | 68,5 | 31,5 | 10,5 à 27 C. |
| Le Bildary | 68,2 | 31,8 | 9 à 27 |
| Id. | 63,5 | 36,5 | |
| Dolé | 58,5 | 41,5 | 10 à 28 |
| Moyencourt, commune des Trois-Rivières | 65,5 | 34,5 | 10 à 28 |
| Jabrun | 61,3 | 38,5 | 10,5 à 25 |
| Id. | 61,4 | 38,6 | Id. |
| Id. | 60,5 | 39,5 | 10,7 à 24 |
| Mayol | 58,0 | 42,0 | 10 à 28 |
| Muhuzié, commune de la Pesterre | 64,5 | 35,5 | 9,5 à 28,5 |
| Boisdebout | 63,0 | 37,0 | 10 à 29 |
| Changy | 61,0 | 39,0 | 10 à 28 |
| La Sarulle | 59,0 | 41,0 | 10 à 31 |
| Carrire | 60,9 | 40,0 | 9,7 à 30 |
| Verdier | 58,0 | 42,0 | 10 à 30 |
| Jabrun, commune de la Baie Mahault | 63,3 | 36,7 | |
| Viscel | 60,0 | 40,0 | 10,5 à 30 |
| Honelbourg | 59,0 | 41,0 | 9,5 à 30 |
| Destrelen | 58,0 | 42,0 | 9,5 à 31 |
| Giraud | 60,0 | 40,0 | |
| Longchamp, commune de l'Anse Bertrand | 55,0 | 45,0 | |
| Ardène | 57,5 | 42,5 | |
| Ruillier | 57,0 | 43,0 | |
| Sylvain-Montaligre, commune de Port-Louis | 55,0 | 45,0 | |
| Souques | 55,6 | 45,0 | |
| Lalanne | 58,0 | 42,0 | |
| Pouzoles | 56,0 | 44,0 | |
| Veruias, commune des Abymy | 61,5 | 38,5 | |

| Nom de l'habitation. | Vesou. | Bagasse. | Degrés de Beaumé du vesou. |
|---|---|---|---|
| Laurillard | 62,0 | 38,0 | |
| Kayser | 58,0 | 42,0 | |
| Lamachandière | 60,0 | 40,0 | |
| Lilet, commune du Moule | 55,0 | 45,0 | |
| Lecluse | 57,0 | 43,0 | |
| Desvigne | 57,0 | 43,0 | |
| Cluny | 57,3 | 47,5 | |

En général, les moulins hydrauliques extraient environ 61,8 de vesou; les moulins à vent 56,5; les moulins à vapeur 61,0; les moulins à animaux 58,5; les moulins à cylindres verticaux 59,2; les moulins à cylindres horizontaux 61,3; enfin les moulins les plus en usage à eau et à vent réunis 59,3.

A la Louisiane, où la canne à sucre donne un faible rendement, on estime qu'une machine de la force de 20 chevaux peut très bien fournir du jus de canne pour alimenter deux équipages qui feront, par 24 heures, chacun 5000 kil. de sucre brut, en admettant qu'il faille 9000 litres de jus de canne pour 500 kil. de sucre brut. Un moulin mu par une machine de la force de 20 chevaux, pourra donc fournir, dans les 24 heures, plus de 180,000 litres de jus de canne.

La densité du jus de canne est, à la Louisiane, de 7 à 9° au pèse sirop de Beaumé. On la voit bien rarement à 10°. A 6°, le jus de canne est très mauvais. Il ne descend à ce degré que quand la canne a été altérée par le froid.

On ne fait rien des sommités des cannes; on les porte dans le champ au moyen de charrettes. Les bœufs et les chevaux les mangent, quand elles sont vertes. Quand elles sont sèches, on y met le feu pour s'en débarrasser.

3501. Le jus des cannes cultivées en France est incolore ou légèrement jaunâtre, d'une odeur balsamique, d'une saveur agréable, quoique fade. Il est acide.

Il se clarifie de lui-même par la chaleur. L'alcool y

forme un précipité floconneux très léger. Les acides à froid ou à chaud le clarifient, en y formant aussi un léger précipité.

La chaux et les carbonates alcalins le clarifient. Il en est de même de la potasse caustique. Mais, tandis que les acides opèrent cette clarification en agissant sur la matière organique, les bases l'effectuent en précipitant le phosphate de chaux.

Le tannin qui précipite faiblement le jus récent, forme au contraire un abondant précipité dans un jus obtenu depuis quelques jours. L'alcool agit comme le tannin.

L'acétate de plomb y forme un abondant précipité.

Abandonné à lui-même, ce jus éprouve très difficilement la fermentation alcoolique, mais il s'épaissit bientôt et se convertit en un mucilage analogue à celui que donne la gomme adragante. A mesure que la masse s'épaissit, le sucre diminue et il finit par disparaître. Les alcalis favorisent cette réaction. La matière visqueuse est précipitée par l'alcool, le tannin, l'éther. Avec l'acide nitrique, elle donne de l'acide oxalique.

Le jus de cannes n'éprouve qu'avec difficulté la fermentation alcoolique. Passé sur du noir animal, il perd quelque ferment, car il n'éprouve plus la fermentation visqueuse.

Le jus de canne doit être déféqué et évaporé aussitôt qu'il est exprimé. Dans les chaleurs, six heures suffisent pour y causer un commencement d'altération.

Le jus qui s'écoule par la pression, est conduit du moulin dans de grands réservoirs, où on le garde, bien à tort, pendant des heures entières à la température ordinaire, et où il est soumis à toutes sortes d'altérations. Il sort de ce réservoir, pour passer directement aux chaudières de concentration.

D'après M. Péligot, le vesou des colonies n'est pas autre chose qu'une dissolution de sucre dans l'eau, renfermant à peine quelques traces de matières étrangères ; il exprime

de la manière suivante la composition d'un vesou de la Martinique d'une densité de 1088, marquant 11°,8 à l'aréomètre de Beaumé :

| | |
|---|---|
| Sucre..... | 209 |
| Sels minéraux..... | 17 |
| Produits organiques. | 2 |
| Eau..... | 772 |
| | 1000 |

Ces résultats, en ce qu'ils ont de général, sont confirmés par les analyses que nous rapporterons plus loin.

3502. On appelle *Equipage*, l'ancien appareil, encore généralement employé, qui sert à amener ce jus à l'état de sirop clair et cristallisable.

Un équipage se compose généralement de cinq chaudières en fonte, demi-sphériques, toutes chauffées par les produits de la combustion ou par la flamme d'un foyer commun alimenté par la *bagasse*, c'est à dire par la canne pressée et desséchée.

La première chaudière, appelée la *grande*, est la plus éloignée du feu ; son nom indique assez que c'est celle qui contient le plus de jus, et qui renferme, par conséquent, le jus le plus faible. C'est dans cette chaudière que le jus arrive du réservoir et qu'il est soumis à la défécation.

La défécation s'opère avec de la chaux ; seulement, on en employe une quantité beaucoup moins considérable que celle qui est nécessaire pour la fabrication du sucre de betterave ; on en employe au plus de 1 à 3 millièmes de la quantité de jus à déféquer.

La chaux, dans les fabriques de la Louisiane, se mesure au moyen d'une petite caisse de 12 pouces de longueur sur 4 de large et autant de haut. Une cloison glissant dans des rainures, pratiquées de pouce en pouce, permet de mesurer rapidement le volume de chaux nécessaire pour une opération. La chaux contenue dans l'espace mesuré pa

chaque cran, correspond à 16 pouces cubes, mesure anglaise, et pèse 132 grammes. Dans une chaudière à déféquer de la contenance de 1800 litres, on ajoute 5 crans de chaux au moins; quelquefois 6, 7 ou même 9 et 10.

Les bonnes cannes exigent moins de chaux que les autres. On reconnait, d'ailleurs, qu'on en a mis assez, quand les écumes se forment bien, qu'elles sont fermes, épaisses; qu'elles se soutiennent bien; quand il se forme des crevasses par le mouvement de l'ébullition; enfin, lorsque ces crevasses laissent échapper un liquide incolore.

M. Avequin a étudié la nature des écumes qui se développent dans le jus de la canne à rubans, sans addition de chaux. 10 litres de ce jus lui ont fourni 15 grammes d'écumes renfermant :

| | |
|---|---|
| Cérosie. . . . . | 7,5 |
| Matière verte. . . . . | 1,5 |
| Albumine et ligneux. . . . . | 3,4 |
| Phosphate de chaux. . . . . | 0,5 |
| Silice. . . . . | 2,1 |
| | 15,0 |

Le phosphate de chaux est à l'état de biphosphate; aussi quand on opère la coagulation du suc dans un vase de cuivre, se produit-il sur le champ du phosphate de cuivre.

L'addition de la chaux favorise la défécation du jus, soit en coagulant l'albumine, soit en formant un sous-phosphate de chaux et un silicate de chaux insolubles.

Les écumes ainsi produites entraînent la cérosie et la matière verte, naturellement insolubles.

Lorsque le jus en défécation est près d'entrer en ébullition, on rassemble les écumes au moyen d'une large écumoire, et on continue à les enlever, jusqu'à ce que le suc passe dans la chaudière suivante.

La perte du suc en écume s'élève à 4 ou 5 pour 0/0.

3503. L'évaporation du suc déféqué s'opère dans les chaudières suivantes. On le transvase d'abord dans la *propre* au moyen de grandes cuillères en cuivre. Constamment, il se forme de nouvelles écumes dans ces chaudières; mais, comme elles sont toujours pleines et qu'elles débordent par le bouillon, les nègres sont sans cesse occupés à pousser ces écumes dans la chaudière à déféquer, où elles se délayent dans le jus de cannes. Ils emploient à cet effet une large spatule en bois taillée en forme de lame de couteau et relevée par le bout. Ils passent sans cesse cette spatule sur la surface de la chaudière en ébullition, et ils enlèvent assez bien ainsi les écumes à mesure qu'elles apparaissent.

Dans la troisième et la quatrième chaudière, de plus en plus petites, le jus est évaporé et rapproché jusqu'à 30 degrés Beaumé. Enfin, dans la cinquième et dernière, appelée *batterie* à cause du bruit continuel que fait le sirop en bouillant, car l'ébullition y est assez tumultueuse pour produire des bouillons de six à sept pouces de haut, on cuit le sirop jusqu'au point convenable à la cristallisation. Cette dernière chaudière est placée directement au dessus du foyer.

Les chaudières en fonte d'un équipage étant toutes placées au même niveau, le transvasement de l'une dans l'autre doit se faire à la main au moyen de cuillères; il résulte nécessairement de ce mode de travail, et malgré toute l'habitude qu'acquièrent les ouvriers, de graves inconvénients, tels que perte de temps, caramélisation du sucre, etc., etc.

Les batteries placées en gradins évitent une partie de ces difficultés.

3504. La défécation opérée par la chaux donne naissance à un dépôt de sous-phosphate de chaux. Cette matière s'attache à la chaudière à déféquer ainsi qu'aux chaudières suivantes, et elle y constitue une croûte épaisse qui est connue sous le nom de *cal*. Lorsque l'épaisseur du

cal devient trop forte, on chauffe la chaudière à sec et on dilate assez le métal pour obliger le cal à se fendre et à se détacher. La formation de ce produit entraîne beaucoup d'inconvénients faciles à comprendre, pendant la durée de l'évaporation.

Voici sa composition d'après M. Avequin :

| | |
|---|---|
| Sous-phosphate de chaux. | 92,5 |
| Carbonate de chaux..... | 1,4 |
| Silice ..... | 4,7 |
| Phosphate de cuivre.... | 1,4 |
| | 100,0 |

3505. En sortant de la chaudière de cuite, le sirop était reçu autrefois dans un rafraîchissoir et placé de suite dans les barriques où le sucre s'égouttait tant bien que mal. On a renoncé en partie à cette méthode, source de fermentations inévitables, et on a remplacé les barriques par des cristallisoirs de peu de profondeur et d'une grande étendue. Les cristaux égouttés sont alors seulement placés dans les barriques d'expédition.

On verse donc la cuite dans un bac, où on la laisse cristalliser. On ne réunit jamais deux cuites de suite dans le même bac; on attend toujours que la première soit cristallisée avant d'en ajouter une seconde. Tous les bacs se remplissent donc simultanément. Le sucre qui cristallise, passe environ vingt-quatre heures dans les bacs, avant d'être mis en forme.

A la Louisiane, les bacs où la cristallisation du sucre brut s'opère, sont des caisses rectangulaires qui contiennent 500 ou 1000 kilogrammes. Ils sont faits en madriers de bois de cyprès de 4 pouces d'épaisseur. Ces bacs ont à peu près 12 pouces de profondeur, 4 à 5 pieds de largeur, sur 6 à 8 pieds de longueur.

On reconnaît que le sucre est bon à enformer, quand il

n'est plus que tiède. Alors, on le poche à l'aide de pelles en fer et on en remplit des baquets, qu'on porte dans les boucauts qui sont rangés debout sur les citernes, dans la purgerie. On remplit entièrement les boucauts et on met un couvercle dessus pour conserver la chaleur. La mélasse s'égoutte entre les joints des douves et du fond du boucaut; elle tombe dans de vastes citernes qui sont établies exprès pour la recevoir, dans toute l'étendue de la purgerie. Chacune de ces citernes contient 15 à 20,000 litres, quelquefois plus. Quinze jours après l'enformage, le sucre est déjà passablement purgé, quand il est de bonne fabrication.

3506. Le sucre brut le plus propre et le mieux purgé contient toujours une certaine quantité de matières étrangères solides que les raffineurs regardent comme des flocons d'écumes qui sont restés dans le sirop et qui salissent le sucre. Ces corps étrangers ne sont que du sous-phosphate de chaux et du silicate de chaux chargés de matière colorante et d'un peu d'albumine combinée à la chaux.

M. Avequin a obtenu, en effet, de 10 kilogrammes de sucre brut mal purgé :

| | grammes. |
|---|---|
| Silice | 27,65 |
| Biphosphate de chaux | 23,45 |
| Sous-phosphate de chaux | 19,98 |
| Carbonate de chaux | 2,52 |
| Matières destructibles par la chaleur | 58,06 |
| Sulfate de potasse | 19,42 |
| Chlorure de potassium | 26,13 |
| Acétate de potasse | 25,41 |
| Acétate de chaux | 17,26 |
| | 219,87 |

3607. Ce sucre étant enformé tiède, les mélasses qui s'en écoulent les premiers jours après l'enformage, ne sont pas encore entièrement refroidies. Quand elles sont dans les

citernes, elles laissent déposer un sucre à grain très fin comme du sable, qui recouvre le fond des citernes. On en trouve quelquefois des couches d'une épaisseur de plus de 2 pouces. On donne le nom de fond de citerne à ce sucre. On évalue communément les fonds de citerne à 10 p. 0/0 du sucre brut obtenu, c'est à dire que l'habitant qui fait 50,000 kilog. de sucre, aura environ 5000 kilog. de fond de citerne. Ce sucre gras, poisseux, de qualité très inférieure, est infecté de toutes les matières salines que l'on retrouve dans la mélasse. Ainsi, la gomme ou principe muqueux, la silice en gelée, le sesquiphosphate de chaux s'y retrouvent en très grandequantité.

La quantité de fonds de citernes varie selon l'état de maturité des cannes, selon la méthode d'enformage et le point de cuite adopté. Le sucrier qui enforme chaud aura plus de fonds de citerne que celui qui enforme tiède ou froid.

Voici les substances que M. Avequin a retirées de 10 kil. de fonds de citerne :

| | | grammes. |
|---|---|---|
| 1° | Silice | 32,53 |
| 2° | Biphosphate de chaux | 18,48 |
| 3° | Sous-phosphate de chaux | 25,27 |
| 4° | Gomme ou matière mucilagineuse | 48,65 |
| 5° | Matière colorante formant une laque avec le sous-phosphate de chaux | 2,28 |
| 6° | Sulfate de potasse | 50,10 |
| 7° | Chlorure de potassium | 67,41 |
| 8° | Acétate de potasse | 65,57 |
| 9° | Acétate de chaux | 12,30 |
| | | 322,59 |

3508. Les procédés que nous venons de décrire sont tellement défectueux, qu'on ne retire au maximum de la canne que le tiers du sucre qu'elle contient. On compte, en général, que 1000 kilogr. de canne qui renferment en réalité de 160 à 190 kilogr. de sucre, n'en fournissent

que 60 ou 80, et qu'elles donnent 25 à 30 kilogr. de mélasse. Il est évident que les bagasses ont dû en retenir beaucoup.

En effet, d'après deux expériences faites à la Guadeloupe, l'une sur 63000 kilogr. de cannes, l'autre sur 17,750 kilog., M. Dupuy a obtenu les résultats suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Sucre..... | 79 | 73 |
| Mélasse..... | 30 | 27 |
| Bagasse..... | 386 | 395 |
| Eau..... | 505 | 505 |
| Cannes..... | 1000 | 1000 |

Il faut traduire ces nombres de la manière suivante pour les comprendre :

| | | |
|---|---|---|
| Sucre obtenu..... | 79 | 73 |
| Sucre perdu dans la mélasse... | 20 | 18 |
| Sucre perdu dans la bagasse... | 64 | 66 |
| | 163 | 157 |

Le fait, d'accord avec les analyses, démontre donc qu'on n'obtient jamais la moitié du sucre que la canne renferme. L'énorme perte que l'on fait tient à trois causes principales : 1° à l'insuffisance de la pression ; 2° aux pertes de temps ; 3° au mauvais emploi des mélasses.

La pression, en effet, ne donne souvent que la moitié du jus de la canne. Le temps perdu est la source de toutes les altérations du sucre qui rendent si difficile à utiliser la quantité considérable de mélasse que l'on obtient. C'est ce temps perdu, qui est la plus grande cause d'altération que puisse éprouver le suc de la canne, surtout dans les colonies où une haute température détermine une fermentation rapide ; il est donc de la plus haute importance de construire tous les appareils et de diriger tous les soins de la fabrication de manière à obtenir une grande rapidité. Mais, tant qu'on ne s'appliquera pas à mieux extraire le

sucre des bagasses et à tirer parti des mélasses, on ne pourra beaucoup améliorer la condition des sucreries.

Les accidents de la fabrication quoique de plusieurs sortes, vont nous montrer, en effet, que leur influence néanmoins assez bornée ne peut influer en rien sur les rendements moyens d'une colonie.

L'état filant du jus de cannes est le plus grave de tous. Mais il ne se déclare ordinairement à la Louisiane où M. Avequin l'a étudié avec soin, qu'après que la canne a été altérée par le froid, et lorsqu'il survient des chaleurs après les gelées. Si la canne a été fortement gelée et qu'elle soit bonne, on peut faire du sucre tant que le froid continue; mais s'il survient des chaleurs après la gelée, il est impossible de faire du sucre avec ces mêmes cannes. Le jus que l'on obtient est acide; il a perdu deux ou trois degrés de densité. Si on veut le déféquer, il devient filant, gluant, et il est impossible de faire cristalliser un seul grain de sucre. Ce jus de cannes, ainsi altéré, n'est propre qu'à faire un sirop qui doit être converti en rhum; c'est le meilleur emploi que l'on en puisse faire, et le rhum est très bon. Cet accident résulte évidemment de la rupture des cellules de la canne et du contact qui s'établit entre les matières azotées servant de ferment et le sucre lui-même; d'où résulte la fermentation visqueuse.

Un autre accident de la fabrication, consiste dans l'obligation d'employer des cannes vertes qu'on est obligé de prendre avant leur maturité, parce que le temps presse et que l'on craint les gelées. Les cannes vertes donnent beaucoup de mélasse, et la fabrication n'est jamais bonne.

Un troisième accident vient de la formation du cal dans les chaudières à sucre.

Les autres accidents proviennent des équipages mal montés et qui ne bouillant pas bien n'évaporent pas le jus le plus rapidement possible. Avec un équipage bien monté, bouillant bien, de bonnes cannes et de bon bois,

il est toujours facile de faire de beau sucre. Mais, s'il s'agit d'en extraire beaucoup, il faut se rappeler que dans les colonies d'Amérique on n'a guère d'autre combustible que des bagasses desséchées, et qu'on y fait trop peu de cas des mélasses, véritable eau mère du sucre obtenu.

3509. La quantité de mélasse varie selon le climat plus ou moins favorable sous lequel la canne a végété. Dans les régions très chaudes où la canne peut toujours atteindre une maturité parfaite, elle donne moins de mélasse; dans les pays moins favorables à sa culture, tels que la Louisiane par exemple, la canne donne une grande quantité de mélasse. Cette quantité est encore variable selon les espèces de cannes, selon les années sèches ou humides, selon la nature du sol, celle des engrais, etc. Les cannes récoltées sur une terre vierge donnent beaucoup plus de mélasse que celles qui proviennent d'un terrain qui en a porté pendant cinq à six ans. Les sels empruntés au sol, dans le cas d'une culture dans un sol neuf, expliquent très bien cette particularité.

A la Louisiane, la canne ne peut pas toujours atteindre son degré de maturité; les gelées s'y opposent et détruisent souvent une grande partie des récoltes, ou du moins fournissent des cannes qui renferment un sucre modifié et devenu incristallisable. Là, on estime communément qu'un boucaut de sucre, qui ressort net à 500 kilogr. de sucre brut bien purgé, donne à peu près 55 gallons de mélasse, ou 208 litres. Cette évaluation a été faite par une moyenne de six années, sur une plantation où l'on récolte, année commune, 500 boucauts de sucre. Le poids de cette mélasse est à peu près de 286 kilogrammes.

Ce boucaut de sucre brut purgé rend de plus de 40 à 45 kilogrammes de fond de citerne.

Un litre de cette mélasse pèse 1376 grammes. Elle marque ordinairement 40° au pèse-liqueur de Beaumé.

On ne recuit jamais ces mélasses, pour en extraire le sucre cristallisable qu'elles contiennent encore.

A la Martinique, à la Guadeloupe, à Bourbon, dans les colonies anglaises et espagnoles, la même quantité de sucre brut ne rend jamais au delà de 40 gallons de mélasse et presque toujours elle rend moins.

On sait depuis longtemps que la mélasse contient encore une grande quantité de sucre cristallisable, mais qu'on ne peut plus l'extraire économiquement par les procédés ordinaires.

M. Dubrunfaut a très bien montré qu'on ne peut guère obtenir par la cristallisation, du premier coup, qu'une portion du sucre converti en sirop. En effet, une partie d'eau à l'ébullition en dissout huit ou dix parties de sucre, tandis qu'à froid elle peut en dissoudre deux environ. Ainsi, par le refroidissement, ce seraient environ les 3/4 du sucre dissous qui se sépareraient.

On pourrait juger par là de la quantité de sucre qui reste nécessairement dans les mélasses des colonies, qui ne sont véritablement qu'une eau mère du sucre de premier jet, saturée de sucre à froid. Mais la présence des sels et la température élevée de l'air peuvent encore augmenter cette perte.

Si on ajoute donc le sucre resté dans les mélasses à celui que les bagasses ont retenu, on aura une idée juste des pertes énormes de sucre que font les colons dans leur manière de travailler.

Si nous rappelons enfin que Casaux, dans son *Essai sur l'art de cultiver la canne*, annonce comme une découverte essentielle, comme un secret important, qu'il faut qu'un bon vezou contienne autant de mélasse que de sucre, cette déplorable erreur fera juger de l'esprit dans lequel ont longtemps travaillé les colonies.

La majeure partie des mélasses récoltées dans nos colo-

nies est employée à la confection du rhum, le reste sert à la nourriture des nègres et à quelques autres usages.

La mélasse provenant de la purgation du sucre brut, examinée pendant la *roulaison*, ou immédiatement après, est toujours visqueuse, filante; sa couleur est rousse et sa saveur franchement sucrée. Cependant, un palais délicat lui reconnaît toujours un goût légèrement salin.

Si le sucre a été cuit à 111° centigrades, point de cuite le plus ordinaire, la mélasse qui coule de ce sucre après l'*enformage*, marquera 40° à l'aréomètre de Beaumé, la température étant à 10° centigrades, et un litre de cette mélasse pèsera 1376 grammes.

La mélasse n'est pas susceptible d'une longue conservation; les plus légères chaleurs de février et de mars suffisent pour y faire développer les premiers germes de la fermentation alcoolique, qui est bientôt suivie de la fermentation acétique. Alors elle devient mousseuse, perd beaucoup de sa densité et s'altère promptement, à mesure que les chaleurs augmentent. Quand elle a subi cette altération, à l'époque des grandes chaleurs, en juin ou juillet par exemple, elle mousse spontanément quand l'atmosphère est sèche et laisse tomber cette mousse quand le temps est à la pluie.

La mélasse, prise à haute dose, a une action légèrement laxative due en partie à la grande quantité de sels de potasse qu'elle contient.

Voici, d'après M. Avequin, à l'obligeance duquel nous devons les détails qui précèdent, les matières salines qu'il a trouvées dans dix litres de bonne mélasse, provenant de la purgation du sucre brut, à la Louisiane.

| | | grammes. |
|---|---|---|
| 1° | Acétate de potasse | 208,31 |
| 2° | Chlorure de potassium | 113,63 |
| 3° | Sulfate de potasse | 84,46 |
| 4° | Gomme ou matière analogue | 66,28 |

| | | |
|---|---|---|
| 5° | Biphosphate de chaux | 51,01 |
| 6° | Silice | 22,85 |
| 7° | Acétate de chaux | 15,18 |
| 8° | Phosphate de cuivre | 0,21 |
| | | 561,93 |

M. Avequin a obtenu, ensuite, du sirop débarrassé de ces divers sels, 7,760 grammes de sucre purgé, ce qui démontre que non seulement la canne ne contient pas de sucre incristallisable, mais que la mélasse elle-même en renferme peu quand elle est récente et qu'elle provient d'un bon travail.

C'est donc à la présence de ces sels qu'est due l'impossibilité de faire cristalliser la totalité du sucre contenu dans le vesou; c'est encore à ces sels qu'il faut attribuer la propriété fortement hygrométrique que possèdent les sucres bruts, et qui est telle quelquefois, que par un temps humide ils tombent complètement en déliquescence.

3510. Indiquons maintenant quelques améliorations en cours d'exécution pour le travail des sucreries coloniales.

On obtiendrait très certainement une plus grande quantité de suc en immergeant les cannes au sortir du moulin dans de l'eau chaude, et en les faisant passer de nouveau sous les cylindres; l'eau agirait par déplacement, et une notable quantité de sucre serait extraite de nouveau.

M. Dupuy a constaté qu'on pouvait obtenir ainsi un cinquième de sucre, en sus de la quantité ordinaire, sans que les bagasses fussent trop désagrégées pour servir comme combustible.

Ce procédé présenterait peut-être à l'application plusieurs graves inconvénients, à cause de la main d'œuvre considérable qu'il exige, et de la perte de temps non moins importante qu'il occasionne dans le travail du moulin. Enfin, comme rien n'empêcherait que les cannes ne prissent une quantité d'eau beaucoup plus grande que celle strictement nécessaire, le jus serait trop étendu, plus facile

à altérer, et exigerait trop de combustible pour son évaporation. Toutes ces raisons nous semblent devoir faire donner la préférence au procédé suivant, indiqué par M. Payen.

Le moulin serait composé de cinq cylindres au lieu de trois, et tout le système devrait être enfermé dans une enveloppe en tôle destinée à empêcher la déperdition de la chaleur. Entre les deux cylindres supérieurs serait un tuyau parallèle à l'axe, muni d'un grand nombre d'orifices qui lanceraient de la vapeur sur les cannes pressées une première fois; le tuyau serait alimenté par un générateur de vapeur; les cannes, convenablement humectées par la vapeur, passeraient entre les deux derniers cylindres et donneraient une partie du jus restant dans leur tissu.

Ce procédé présenterait deux grands avantages sur le premier : d'abord, il maintiendrait tout le système à une haute température, ce qui empêcherait toute fermentation immédiate et même ultérieure d'avoir lieu; ensuite, on serait libre de ne donner aux cannes que la quantité d'eau strictement nécessaire pour le déplacement du jus.

Quant aux améliorations à apporter au traitement du jus, déjà en partie réalisées dans quelques habitations, elles doivent tendre toutes vers la rapidité. Nous allons successivement les passer en revue.

Et d'abord, si l'on veut fabriquer dans de bonnes conditions, il faut nécessairement rejeter l'ancienne batterie d'évaporation et de cuite que nous avons décrite plus haut et qui donne lieu à de si graves inconvénients. Dans quelques habitations, on a disposé les chaudières à fond plat en gradins, de telle manière que le jus passe successivement de la chaudière à déféquer à la chaudière de cuite, en tournant simplement la clef des robinets. Cette disposition a évidemment de grands avantages sur l'ancienne; ainsi elle permet de donner aux opérations une plus grande rapidité, elle diminue de beaucoup les chances de cara-

mélisation, elle rend enfin le travail bien moins pénible. Ces appareils doivent être entièrement construits en cuivre, métal beaucoup plus convenable que la fonte de fer, qui servait autrefois, et qui donnait lieu souvent à de graves accidents. Cependant, la batterie en gradins présente encore un inconvénient dû au mode de chauffage. De même que dans l'ancien appareil, ce sont toujours les défécateurs qui sont les plus éloignés du feu, et par conséquent les plus mal chauffés. Il devrait en être tout autrement, la défécation devant se faire dans le moins de temps possible, et le jus devant être de suite porté à une température élevée. Pour remédier à cet inconvénient, il faut recevoir le jus qui s'écoule du moulin à cannes dans des chaudières placées sur un foyer à part, et y pratiquer la défécation indépendamment de l'évaporation.

3511. Un procédé bien supérieur aux précédents et qui paraît donner des résultats importants, est celui de MM. Derosnes et Cail, procédé du reste, tout à fait analogue à celui qui est employé dans les bonnes sucreries indigènes.

La fabrique qu'ils ont montée peut fabriquer 1,000,000 de kilogr. en 3 mois, et ce million de kilog. représente 750,000 kilog. de l'ancienne fabrication, c'est à dire qu'on obtient par les nouveaux procédés 33 pour 0/0 de plus en rendement. Le sucre est aussi de plus belle qualité, les cristaux sont plus gros, et les altérations sont rendues moins faciles.

Voici, par quelle suite d'opérations on est parvenu à obtenir de semblables résultats :

Tous les appareils sont chauffés à la vapeur, un seul foyer suffit donc à toutes les opérations de la sucrerie.

La défécation se fait dans des chaudières analogues à celles qui sont employées en France, elles sont à double fond, ont $1^{m},33$ de diamètre, et contiennent, remplies au deux tiers, 1,000 kilog. à peu près de jus. Six chaudières semblables, opérant chacune 8 défécations par jour, peu-

vent donc déféquer 480 hectolitres, quantité suffisante pour l'importance de la fabrique.

Dans le dosage de la chaux, il est nécessaire de ne mettre qu'un très petit excès de cet alcali, une trop grande quantité colorerait le glucose qui se forme toujours quoi qu'on fasse; on doit s'arrêter à la plus faible proportion de chaux, pourvu qu'elle clarifie parfaitement le suc; cette proportion varie entre 13 à 20 grammes pour 100 litres de jus. Lorsque la défécation est terminée, au lieu d'écumer comme autrefois, on soutire à clair la plus grande partie du jus, et quand le liquide devient trouble, on reçoit les écumes dans un réservoir, on les laisse égoutter, puis on les soumet à une pression graduée. Ces précautions permettent de tirer parti de 7 à 10 p. 0/0 de jus, qui sans elles seraient perdus.

Le jus déféqué est soumis, avant d'être évaporé, à une filtration sur du noir animal en grains. Les filtres que l'on employe sont d'une grande capacité, ils contiennent chacun 1260 kilog. de noir, et on doit apporter à l'arrangement de ce dernier, les précautions les plus minutieuses.

Le noir que l'on employe pour filtrer le jus déféqué à 9°, a déjà servi à passer le jus évaporé marquant 25°. Ce travail méthodique permet d'épuiser plus complètement le pouvoir décolorant du noir. Sur 8 filtres qui sont nécessaires, 3 servent à filtrer le jus à 25°; les 5 autres reçoivent le jus déféqué. Chaque filtre dure 96 heures, avant d'être épuisé, tant en recevant le jus évaporé à 25°, que celui à 9°. Enfin, on fait arriver lentement, à la surface du noir, de l'eau pure qui chasse le sirop, peu à peu, sans que le mélange s'opère sensiblement.

Le jus déféqué étant filtré, on l'évapore jusqu'à ce qu'il ait atteint 25° dans l'appareil de M. Degrand. Le jus à évaporer est amené sur les serpentins de l'appareil, et, tout en se concentrant, il condense les vapeurs de la chaudière à cuire dans le vide. Le jus n'acquiert sur les serpen-

tins que le 16me degré; pour le faire arriver à 25°, on l'évapore dans la chaudière dans le vide.

A 25°, le sirop est de nouveau passé sur le noir animal neuf; après la filtration, on procède à la cuite.

La même chaudière, de 2m,15 de diamètre, sert en même temps à la cuite du sirop, et comme nous l'avons vu à l'amener de 16 à 25°.

La cuite dans le vide étant terminée, on reçoit le sirop dans des *réchauffoirs*, puis on le verse dans des formes.

Nous nous arrêterons peu sur ces dernières opérations; elles sont semblables à celles qui sont usitées dans les fabriques de sucre de betteraves.

Les avantages que présente le nouveau procédé que nous venons d'indiquer, sont incontestables, quand on peut réunir les cannes de plusieurs habitations et les traiter dans une usine centrale.

3512. Après ces explications, on reconnaîtra de quelle haute importance sont pour les colonies les améliorations à introduire dans la fabrication du sucre de canne dans l'état actuel de la législation.

Quelques chiffres vont encore mieux le démontrer. Par les anciens procédés, les 100 kilogrammes reviennent à Cayenne à 40 fr., et à la Guadeloupe à 39 fr. 60 c. Si on ajoute au prix de revient, les frais de transport, de taxe, et les droits, on verra qu'il reste à peine de la marge aux colons; en effet :

| | | |
|---|---|---|
| Prix de revient des 100 kilogrammes de sucre brut, anciens procédés..... | 40 f. | » c. |
| Frais de transport..... | 18 | » |
| Taxes et escomptes..... | 13 | » |
| Droits..... | 49 | 50 |
| | 120 f. | 50 c. |

Le prix de 120 fr. 50 c. les 100 kilogrammes est celui que vaut à peu près le sucre dans ce moment.

Il est difficile de préciser davantage ce prix de revient. Voici néanmoins les documents fournis à l'enquête de la chambre des députés en 1836 : quelques uns des chiffres ont pu changer.

*A la Guadeloupe.*

| | |
|---|---|
| 150 hectares employés en plantations, ou en vivres..... | 200,000 fr. |
| 150 noirs à 1,500 fr..... | 225,000 |
| Etablissements et animaux..... | 75,000 |
| | 500,000 |
| Intérêts annuels à 5 pour 0/0..... | 25,000 |
| Frais annuels..... | 25,000 |
| | 50,000 |
| Produits 120,000 kilog. de sucre à 50 fr. | 60,000 |

*A Cayenne.*

| | |
|---|---|
| Habitation renfermant 450 noirs, évaluée à 450,000 fr. | |
| Intérêts à 7 pour 0/0..... | 31,500 fr. |
| Frais annuels..... | 24,000 |
| | 55,500 |
| Produits 12,500 kilog. sucre à 45 fr.... | 56,250 |
| Un dixième pour sirops et rhums..... | 5,625 |
| | 61,875 |

3513. Nous terminerons la fabrication du sucre de canne par quelques mots sur le procédé de dessiccation appliqué à la canne. Il est facile de prouver que les avantages de ce procédé sont à peu près fictifs, en ce qui la concerne.

Comme nous l'avons vu, 100 parties de canne renfer-

ment 70 parties d'eau et 30 de matière sèche. Les 30 de matière sèche sont formées de 18 parties de sucre, 10 de tissu et 2 d'eau. 100 parties de canne desséchée sont donc formées de :

60,0 sucre.
33,4 tissu.
6,6 eau.

Sur les 60 de sucre, on espérait en retirer 50; mais pour arriver à ce résultat, il faudrait déjà des appareils bien perfectionnés. Si les cannes s'altèrent, si peu que ce soit, il sera bien difficile d'obtenir un produit aussi considérable. De plus, sur 100 parties de matière expédiée en Europe, 50 paieraient un port tout à fait perdu, ce qui revient à dire que 100 kilogrammes de sucre paieraient 36 fr. La spéculation est donc impossible, à moins d'obtenir d'une manière permanente une énorme diminution des droits d'entrée, ce qui ne saurait se comprendre.

Du reste, M. Dupuy a examiné récemment la canne décortiquée et desséchée. Réduite en poudre, elle ressemble a une fécule et fournit ainsi 66 pour 100 de sucre sec et presque pur. Mais au bout de quatre mois d'exposition à l'air, elle n'en a donné que 34 pour 100, encore était-il gras, coloré et non marchand.

### RAFFINAGE DU SUCRE.

3514. Le sucre de premier jet, extrait de la canne, ou de la betterave, égoutté et même claircé, n'est encore considéré que comme un produit brut qui exige un raffinage.

Dans l'état actuel des choses, cette nouvelle opération s'exécute en faisant dissoudre le sucre dans l'eau, en le purifiant, en le faisant cristalliser, enfin en le soumettant à des opérations très longues, qui exigent des capitaux énormes représentés par les masses considérables de sucre qu'un raffineur a toujours en travail. Il serait donc de la plus haute importance d'éviter l'opération du raffinage,

qui, outre les inconvénients précités, entraîne des dépenses considérables de combustible et des pertes de sucre cristallisé qui, une fois dissous, ne peut plus reprendre la forme solide. Déjà, dans la fabrication du sucre de betteraves, nous avons eu occasion de parler de quelques procédés qui paraissent près d'atteindre ce but, sans cependant résoudre complètement la question. Après la description des procédés de raffinage en usage aujourd'hui, nous rappellerons les essais faits en grand dans le but de simplifier l'industrie du raffineur.

Il y a peu de temps encore que les procédés du raffinage étaient fort imparfaits. On faisait dissoudre le sucre brut, tel qu'il arrivait des colonies, dans 30 à 33 pour 100 d'eau constamment saturée de chaux, *à la température ordinaire;* la dissolution opérée, on mélangeait intimement au sirop ainsi obtenu, et toujours à froid, par une forte agitation, 2 pour cent de sang de bœuf. On décantait le liquide dans une chaudière en cuivre de 2 mètres de diamètre sur 1 mètre à 1 mètre 30 centimètres de profondeur, *chauffée à feu nu*, et dont les bords pouvaient, au moyen de hausses, s'élever à volonté. L'ébullition ne tardait pas à coaguler l'albumine du sang, et toute l'adresse et l'expérience de l'ouvrier raffineur devaient tendre à rassembler l'albumine et les matières étrangères qu'elle entraînait, et à en former une écume bien ferme qu'on pût enlever facilement.

Le liquide filtré à travers une étoffe de laine, passait à la chaudière de cuite chauffée à feu nu, et où il ne lui fallait pas moins d'une heure pour acquérir la densité convenable à la cristallisation.

Ce procédé, on le voit de suite, présentait de graves inconvénients, car le succès de l'opération était entre les mains et pour ainsi dire à la merci des ouvriers, et de plus le sucre toujours moins bien épuré et moins décoloré d'ail-

leurs qu'il ne l'est maintenant, était altéré par une longue ébullition.

Ces circonstances, et plusieurs autres qu'il serait trop long de signaler, ont, à plusieurs reprises, fait modifier les procédés du raffinage. Le charbon végétal a été essayé comme moyen de décolorer le jus; le charbon d'os en poudre lui a succédé, et bientôt après, à ce dernier, on a joint l'emploi du noir animal en grains, des filtres Taylor et des filtres Dumont. Enfin, la vapeur est venue donner une nouvelle impulsion à cette industrie, en remplaçant tous les appareils à feu nu par des appareils plus méthodiques, et capable de donner à la fois des produits plus constants et plus beaux à des prix plus modérés.

Malgré tous ces perfectionnements, il est à espérer que les détails dans lesquels nous allons entrer resteront bientôt à leur tour comme de simples documents pour une histoire de l'industrie du raffinage. Les perfectionnements nombreux qui tendent à s'introduire dans la fabrication du sucre indigène et du sucre des colonies devant bientôt modifier le travail des raffineries à son tour.

3515. Les opérations du raffinage peuvent se diviser en plusieurs parties que nous allons indiquer sommairement, et que nous développerons ensuite.

1° Matières premières, leur déposage, lavage des barriques, emmagasinage, tamisage, etc.

2° Fonte du sucre brut à la vapeur.

3° Clarification au sang de bœuf, à la chaux et au noir animal fin.

4° Première filtration pour dépôt, sur les filtres Taylor, etc.

5° Deuxième filtration sur les filtres Dumont, à noir animal en grains.

6° Cuite du sirop, appareil dans le vide.

7° Cristallisation dans les rafraîchissoirs, grenage.

8° Empli des formes, mouvage du sucre dans les formes, etc.

9° Travail des greniers qui se compose lui-même de plusieurs opérations importantes, qui sont :

L'égouttage,
Le lochage,
Le terrage,
Le plabotage,
L'étuvage, etc.

*Matières premières.*

3516. Les sucres que le raffineur doit préférer à égalité de prix, sont ceux qui sont les moins colorés, qui présentent les cristaux les plus volumineux, car dans ce cas ils contiennent plus de sucre cristallisable; ceux enfin qui, au toucher, sont les moins gras parce qu'ils contiennent évidemment moins de mélasse.

Pour s'assurer du degré de coloration du sucre brut, plus exactement qu'à la simple vue, il faut le dissoudre dans vingt-cinq fois son poids d'eau contenant un peu d'alcool, et l'essayer au décolorimètre de Collardeau.

Jusqu'à présent on n'a pas de moyen prompt qui puisse indiquer exactement la quantité de sucre cristallisable contenu dans un sucre brut; la fermentation ne peut fournir aucun indice certain, puisque le sucre de raisin ou le sucre incristallisable, fournissent aussi de l'alcool. Un procédé que le fabricant, à défaut de meilleur, peut employer, consiste à prendre un échantillon de sucre brut et à le traiter par de l'alcool à 36° qui ne dissoudra que bien peu de sucre cristallisable, et enlèvera au contraire toute la mélasse. En filtrant et en séchant le résidu, on aura assez approximativement la quantité de matière utile. En dissolvant dans l'eau pure un second échantillon de sucre brut et en filtrant, on pourra déterminer exactement la proportion des substances étrangères insolubles.

Aussitôt que le sucre brut a été reçu et jugé conforme à l'échantillon d'achat, on le vide sur un sol dallé, bien uni. La barrique vide retient toujours sur ses parois une couche de sucre, qu'il serait long et dispendieux de détacher à la main; M. Bayvet a imaginé de nettoyer ces barriques par un procédé simple et économique. On les place tour à tour sur une plate-forme en cuivre légèrement bombée et entourée d'une rigole; un jet de vapeur obtenu à volonté au moyen d'un robinet est lancé du centre de la plate-forme dans l'intérieur de la barrique; en se condensant la vapeur se sature de sucre, coule dans la rigole, se rend dans un réservoir, et donne un liquide sucré qui sert à dissoudre le sucre brut. Avant d'opérer cette dissolution du sucre, il est convenable de séparer de celui-ci, par un criblage à la claie, tous les agglomérats qui retarderaient la fonte.

3517. *Fonte du sucre brut.* La dissolution du sucre brut s'opère maintenant, dans la plupart des fabriques, dans des chaudières en cuivre chauffées à la vapeur, soit au moyen d'un double fond, soit, ce qui est préférable, au moyen d'un serpentin qui lance la vapeur sur le sucre même, par une multitude d'orifices.

La quantité d'eau employée à la dissolution du sucre, ajoutée à celle qui provient de la condensation de la vapeur, est égale à 30 pour 100, à peu près, du poids du sucre. Dans une chaudière de 1,80 de diamètre sur 0,75 de hauteur moyenne, on peut dissoudre à la fois 350 kilogr. de sucre, et répéter la fonte quarante fois par jour. Cette chaudière suffit à une raffinerie qui traite par jour 14 à 15000 kilogr. de sucre brut.

3518. *Clarification.* La dissolution du sucre étant bien opérée, on fait passer le sirop dans une seconde chaudière en cuivre chauffée par un double fond. Il ne faut pas injecter la vapeur dans le sirop par un serpentin percé de trous: elle

étendrait inutilement le sirop, et la vapeur donnerait lieu à une agitation nuisible à l'effet de l'albumine.

Pour produire une bonne clarification, on ajoute au sucre 3 à 4 pour 100 de son poids de noir animal fin, et le moins possible de sang, qui tend toujours, par sa nature putrescible, à détruire une certaine quantité de sucre cristallisable; on en ajoute ordinairement 1/2 pour 100 de sucre brut et on a soin de le battre dans l'eau afin de diviser la matière albumineuse. Aussitôt, que le noir et le sang ont été projetés dans la chaudière, il faut immédiatement remuer toute la masse dans le moins de temps possible, deux ou trois secondes au plus, et porter à l'ébullition.

En agitant le sirop, on a réparti l'albumine dans toute la masse liquide; et comme en un instant cette agitation a eu lieu, l'albumine n'ayant pas eu le temps de s'agglomérer en se coagulant, elle se prend par l'ébullition en un vaste réseau continu qui enveloppe les particules en suspension, les réunit, et les empêche de passer plus tard, même à travers des filtres grossiers.

Au premier bouillon, le sucre est clarifié; on intercepte la vapeur, et on soutire le liquide dans les filtres Taylor.

Quelques raffineurs, M. Bayvet entre autres, préfèrent avoir deux chaudières de clarification au lieu d'une seule grande; cette disposition permet en effet d'aller plus vite, puisqu'on a une masse de liquide moins grande à élever à l'ébullition.

3519. *Première filtration, filtres Taylor.* Le filtre Taylor a pour but, seulement, de séparer, dans le plus court délai, toutes les matières en suspension dans le sirop; aussi, présente-t-il dans sa construction un moyen simple de multiplier les surfaces filtrantes dans une enveloppe resserrée; il se compose d'un sac de coton de 50 centimètres de large sur 1 mètre de long contenu dans un fourreau ouvert des deux bouts, en toile forte et claire, et large seulement de

18 centimètres. Ce fourreau maintient le sac en coton irrégulièrement plissé, sans que l'on prenne aucun soin pour obtenir cet effet; des ajustages coniques soudés contre le fond supérieur et le fond inférieur maintiennent les sacs par les deux bouts.

Le produit de la clarification arrive dans un espace ménagé au dessus des filtres, le liquide est distribué dans les douze ou dix-huit sacs qui composent le système, il y dépose le noir animal fin, l'albumine coagulée et les substances étrangères. Ainsi filtré grossièrement, mais encore coloré, il se réunit dans un réservoir qui le distribue aux filtres Dumont.

Dans la plupart des raffineries on a heureusement modifié les filtres Taylor; voici comment ils sont disposés chez M. Bayvet et dans la fabrique de MM. Perrault, Legentil et compagnie, à la complaisance desquels nous devons les plans et dessins qui complètent la description du raffinage du sucre :

Dans une grande caisse de 2 mètres en tous sens, on dispose verticalement une vingtaine de sacs plats renfermant chacun une claie en osier de 3 à 4 centimètres d'épaisseur; ces claies maintiennent l'écartement des deux parois du sac. Le produit qu'on veut filtrer est versé *en entier* dans l'espace libre qui environne les sacs, et la filtration, contrairement au système Taylor, se fait du dehors au dedans. Le liquide filtré s'écoule dans un double fond par une ouverture ménagée à la partie inférieure du sac. On voit de suite les avantages de ce dernier mode de filtration; les sacs n'ont pas besoin d'être renouvelés si fréquemment, puisqu'il ne s'y fait aucun dépôt; par cette raison même, la filtration est plus prompte, etc.

Dans une raffinerie opérant sur 15,000 kilogr. de sucre par jour, quatre filtres de la forme et des dimensions que nous avons indiquées, suffisent amplement à la fabrication

de tous les sirops. Chaque filtration de 550 kilogr. de sucre brut, dure de quinze à vingt minutes.

3520. *Deuxième filtration, sur le noir en grains.* Le sirop privé de toutes les matières étrangères en suspension est ordinairement reçu dans un réservoir à clairce, qui le distribue aux filtres Dumont placés à un étage inférieur.

Nous n'ajouterons rien sur ce que nous avons déjà dit au sujet des filtres Dumont dans la fabrication du sucre indigène.

Si toutes les conditions ont été remplies, la filtration pourra se continuer, sur chaque filtre, pendant quinze à vingt heures, et dans cet espace de temps on aura dû filtrer une quantité de sirop renfermant en sucre réel quatre à cinq fois le poids du noir employé. On obtient, pendant tout ce temps, un sirop blanc.

Pour une raffinerie d'une importance égale à celle que nous avons citée (14 à 15,000 kilogr. de sucre brut par jour), huit filtres Dumont contenant chacun 400 kilogr. de noir en grains suffisent pour passer tous les sirops de la fabrique.

Le sirop filtré se réunit dans le réservoir à clairce, qui doit le fournir à la chaudière de cuite.

3521. *Cuite, chaudières de cuite.* Au fur et à mesure que le sirop décoloré est reçu dans le réservoir à clairce, on l'en tire pour le concentrer vivement dans l'une des chaudières que nous avons indiquées dans la fabrication du sucre indigène.

Les chaudières à feu nu sont complètement abandonnées dans le raffinage; les raffineries importantes n'emploient même que des appareils dans le vide, qui présentent de très grands avantages pour cette industrie. Tous les appareils à cuire dans le vide sont employés. La préférence est déterminée par les localités, la quantité d'eau dont la fabrique peut disposer, le prix du combustible, etc.

La cuite faible a lieu vers 111 ou 112°; la cuite forte

vers 113 ou 115°. A l'aréomètre de Baumé, le sirop cuit marque 42 ou 43°.

3522. *Cristallisation dans les rafraîchissoirs; grainage, etc.* La capacité des rafraîchissoirs a beaucoup varié dans les raffineries : actuellement on leur donne un diamètre de 2 mètres sur une profondeur moyenne de 1 mètre. Depuis qu'on emploie des appareils à cuire dans le vide, on les chauffe à la vapeur au moyen d'un double fond, afin que le refroidissement brusque ne donne pas une cristallisation confuse, qui rendrait le sucre *gras*, et qui empêcherait le sirop de s'écouler. On coule dans le même rafraîchissoir ainsi modifié plusieurs cuites qui, réunies et mélangées ensemble, donnent des produits plus uniformes. Aussitôt que la cristallisation commence à la superficie et sur les parois, on agite lentement, à l'aide d'un grand mouveron en bois, de manière à détacher les cristaux, et à les répartir également dans la masse. On laisse en repos, jusqu'à ce que de nouvelles agglomérations se soient formées et on les répartit de nouveau dans la masse. On recommence une troisième fois la même opération, et on procède au remplissage des formes. Ordinairement la température de la masse est abaissée vers 50°.

Cette manière d'opérer le *grainage* permet d'obtenir des cristaux plus volumineux, et donne un sucre dur; elle convient aussi au traitement des sirops peu riches en sucre cristallisable, et dont on obtient des produits secondaires. (*Lumps*, *vergeoises*, etc.)

Quand on veut obtenir un sucre léger et poreux, on n'emplit le rafraîchissoir qu'au quart de sa capacité, et la cuite ne doit pas être poussée aussi loin que pour le sucre dur; on bat alors le liquide avec force, de façon à compléter par l'évaporation que détermine cette agitation vive, le rapprochement au degré ordinaire. Le refroidissement et la cristallisation sont accélérés, et les cristaux que le mouvement divise restent plus petits dans les formes; le

sirop qui entoure ces cristaux venant à s'écouler, on obtient un pain moins dense et plus spongieux.

3523. *Remplissage des formes*, etc. L'empli est une pièce assez vaste, constamment entretenue à une température de 25 à 30 degrés, à proximité de la chaudière de cuite, et contenant ordinairement les cristallisoirs. C'est dans cette pièce qu'on dispose les formes prêtes à recevoir le sucre. L'emplissage a lieu de la même manière que pour le sucre brut, et on a soin, aussitôt qu'une mince pellicule vient se former à la surface du sirop, de *mouver* ce dernier à plusieurs reprises, afin de bien répartir tous les cristaux dans la masse.

Après trois mouvages que nécessite le sucre, lorsque le grainage n'a pas été poussé trop loin dans les rafraîchissoirs, on laisse la cristallisation s'achever pendant quinze, seize à dix-huit heures; au bout de ce temps, on monte les formes à l'égout, soit à bras d'homme, soit au moyen d'un mécanisme marchant par un renvoi de la machine à vapeur.

3524. *Égouttage*. Au fur et à mesure que les formes arrivent dans la pièce où l'égouttage doit se faire, on en débouche l'extrémité au moyen d'une alène, on les implante dans un faux plancher percé de trous, et placé au dessus de gouttières en cuivre étamé, qui reçoivent le sirop écoulé et le conduisent de suite dans un seul réservoir. On a remplacé dernièrement ces nombreuses gouttières en cuivre, qui présentent l'inconvénient de laisser le sirop à l'air libre, par de larges rigoles en bois doublées de zinc, qui forment elles-mêmes plancher et plafond de la pièce inférieure. Cette disposition, plus économique que la précédente, est bien loin du système de pots que quelques raffineries emploient encore. Outre l'économie que présente l'égouttage sur rigole, on a encore le grand avantage de pouvoir chaque jour cuire les sirops égouttés, et de les

préserver ainsi d'une altération profonde qu'ils éprouvent toujours, lorsqu'on les laisse séjourner dans des pots.

Quand la cristallisation est arrivée au point convenable, ce que l'on reconnaît en *lochant* les pains, on porte ces derniers dans d'autres pièces, où on les soumet au terrage.

3525. *Terrage.* Cette opération n'est autre chose qu'un lavage par filtration lente, à l'aide de l'eau très graduellement écoulée d'une bouillie de terre argileuse.

Plusieurs variétés d'argile plastique, peu ou point calcaires, sont propres à cet usage; les seules conditions essentielles, c'est qu'elles retiennent et laissent égoutter l'eau convenablement; qu'elles ne renferment pas de sulfures ou sulfates de fer efflorescents et solubles; du reste, si elles ne cèdent rien à l'eau dans la filtration, elles peuvent être employées sans inconvénient.

L'argile est préparée dans un bac, soit en maçonnerie, soit en forte charpente, de 1 mètre à $1^{m},30$ de profondeur; on l'étend dans le fond de ce bac, on l'arrose et on la laisse ainsi tremper dans l'eau pendant une demi-journée, jusqu'à ce qu'un râble puisse facilement s'y enfoncer; alors, on la délaie en ajoutant de l'eau de plus en plus, et en brassant continuellement; on laisse déposer et on soutire l'eau claire. Après deux lavages qui entraînent quelques matières solubles ou trop légères, on transvase la bouillie terreuse dans un second bac, en ayant soin de la passer à travers un tamis métallique à mailles de 2 millimètres environ; on agite alors l'argile ainsi délayée continuellement, et pendant deux ou trois heures.

La bouillie, arrivée au degré convenable de liquidité, est montée dans les greniers, on la verse au fur et à mesure sur la base des pains que l'on a eu soin de bien égaliser préalablement. On en met une épaisseur de 1 centimètre qui remplit à peu près l'espace vide de la forme. On abandonne les formes à elles-mêmes, jusqu'à ce que la terre se soit séchée au point de former des galettes un peu recro-

quevillées, qu'on nomme esquives. On enlève celles-ci pour les faire sécher; on les détrempe de nouveau, et on es mélange avec la terre neuve.

Ce premier terrage dure de neuf à onze jours. Pendant les trois premiers, on doit s'abstenir de chauffer; pour les suivants, on doit élever la température.

3526. *Deuxième terrage.* Après le premier terrage, on unit de nouveau la base de chaque pain avec une râcle disposée à cet effet; puis on verse six à sept décilitres de terre, préparée comme la première fois, dans la capacité vide qui s'est agrandie par le premier terrage.

Au bout de sept à huit jours, le second terrage est terminé, et si toutes les opérations du raffinage ont été bien conduites, le sucre doit avoir acquis toute la blancheur désirable; dans le cas contraire, il faudrait donner un troisième terrage, ce qui serait fâcheux, car il y a toujours perte de sucre et de temps.

On retourne alors les formes sur leur base, afin que le sirop adhérent aux parois et vers la pointe puisse rentrer dans les pains. Au bout d'une demi-heure, on loche les pains, c'est à dire que par quelques chocs on détruit leur adhérence avec les formes, puis on refoule le pain dans sa position première, opération qui constitue le plamotage. On met à l'égout pendant trois jours; au bout de ce temps on réitère un nouveau plamotage et on laisse de nouveau égoutter pendant trois jours.

Enfin, on retourne tous les pains sur leur base et on les laisse pendant trois heures dans cette position. On les sort et on les laisse encore posés sur la base, mais recouverts de leurs formes, pendant deux ou trois jours. Au bout de ce temps, on les découvre; on les laisse un jour à l'air et on les porte à l'étuve.

On voit donc que c'est le terrage qui constitue en réalité la seule opération spéciale que présente l'art du raffineur; sa manière d'agir est facile à comprendre.

L'argile donne de l'eau au sucre, qui la prend peu à peu; elle se distribue très uniformément dans le pain par capillarité. Cette eau rencontre du sucre cristallisé qu'elle dissout et avec lequel elle constitue une dissolution saturée à froid. Celle-ci s'achemine dans le pain en poussant devant elle les liquides qu'elle rencontre et qui lui font obstacle et elle les force à s'écouler par la pointe ouverte qui termine la forme.

L'effet du terrage sera donc accompli, quand le sirop de sucre coloré ou incristallisable qui baignait tous les cristaux du pain aura été déplacé et remplacé par un sirop de sucre cristallisable et incolore. En effet, en passant les pains à l'étuve pour les dessécher complètement, il n'y restera que du sucre en cristaux tout à fait sans couleur.

Récemment, dans une raffinerie de Bordeaux, on a remplacé le terrage par une distribution d'eau régulière et en gouttelettes très fines qu'on effectue à la base du pain. On économiserait ainsi l'argile et la main d'œuvre.

Mais il serait bien plus important encore de pouvoir porter remède aux pertes de sucre inévitables qu'entraîne l'opération du terrage telle qu'elle se pratique ; car on y fabrique réellement la dissolution de sucre saturée à froid aux dépens du pain lui-même, ce qu'il faudrait éviter.

Le terrage est une opération exactement semblable au lavage du salpêtre qu'on effectue pour le dépouiller entièrement des chlorures dans les raffineries. L'analogie entre les deux produits est même telle, que ce n'est pas la seule circonstance où elle se fasse apercevoir. Le sucre et le nitre ont tant de propriétés communes sous le rapport de leur solubilité que cette analogie dans les deux raffinages n'a rien qui doive surprendre, et les raffineurs de sucre trouveraient beaucoup à apprendre dans les raffineries de salpêtre.

Or, quand il s'agit de dépouiller le salpêtre des dernières traces de chlorure, on le lave avec de l'eau saturée de

salpêtre et contenant d'abord des chlorures aussi, mais pas assez pour n'en pas prendre au salpêtre qu'il s'agit de laver. On remplace le premier liquide par d'autres, de plus en plus pauvres en chlorures, et on termine le lavage par une dissolution de nitre aussi pur que possible.

Que le sucre représente le salpêtre et que la mélasse représente les chlorures en dissolution, et on aura l'image la plus nette du terrage et de son objet.

En effet, si on faisait passer sur le sucre en menus cristaux tels que les donne le mouvage, des dissolutions de sucre faites à froid et de moins en moins chargées de mélasse, on atteindrait certainement le but qu'on se propose. Seulement, il faudrait, à cause de la viscosité des liquides, forcer leur passage au travers des cristaux en faisant le vide à la pointe des formes ou bien en comprimant l'air à leur base. En ajustant la pointe des formes sur des tubes qui amèneraient les sirops dans des réservoirs appropriés et qui communiqueraient avec des pompes, il serait facile de faire le vide sous les formes. Si d'ailleurs elles étaient réunies au tube par un simple bout de tuyau de caoutchouc, le vide se maintiendrait avec une exactitude suffisante dans tout le système.

Alors, en supprimant le terrage, on ferait passer avec abondance au travers ces pains, d'abord des sirops presque saturés de mélasse, puis d'autres de plus en plus pauvres, puis enfin des sirops faits avec des sucres blancs et l'opération serait terminée.

Pour se procurer les sucres blancs nécessaires à la préparation de ces sirops, il suffirait de traiter de la même manière des sucres bruts dans des trémies ou des formes, après les avoir bien divisés à la claie. Ces sucres débarrassés de mélasse par lavage, étant dissous à froid, donneraient des sirops qui après un passage sur du noir en grain neuf, seraient convenables pour remplacer le terrage.

On concevrait donc le travail du raffinage de la manière suivante :

1° Lavage méthodique des sucres bruts ;

2° Dissolution des sucres bruts lavés, clarification et décoloration ;

3° Cristallisation confuse du sucre décoloré ;

4° Lavage méthodique des cristaux obtenus ;

5° Séchage à l'air et à l'étuve.

Le raffineur doit se proposer de ne jamais dissoudre sans nécessité absolue un seul grain de sucre cristallisé dans une liqueur qui renferme de la mélasse, car une fois le mélange fait, la séparation est à peu près impossible.

3527. Jusqu'à ce jour les étuves qu'on a construites pour dessécher le sucre ne présentent aucune disposition remarquable, et ont au contraire une foule d'inconvénients qu'il serait important de prévenir.

Ordinairement, ce sont des bâtiments carrés ou rectangulaires d'une section de 20 à 40 mètres carrés, et qui s'élèvent dans toute la hauteur des greniers, et autant que possible adjacents à ces pièces, afin que la main-d'œuvre soit moins considérable. Des planchers à claires-voies, horizontaux, sont disposés à 90 centimètres les uns des autres dans toute la hauteur de l'étuve. Une ouverture fermée d'une double porte en tôle est ouverte dans la paroi de l'étuve à chaque étage du grenier.

Un calorifère à air chaud, placé à la partie inférieure du bâtiment, lance dans l'étuve tout l'air chaud nécessaire à l'évaporation de l'eau ; l'air chargé d'humidité sort à la partie supérieure de l'étuve.

Cette disposition présente plusieurs graves inconvénients que nous allons signaler : 1° le calorifère étant fortement chauffé, et rayonnant directement dans l'étuve, les pains les plus rapprochés sont trop chauffés, et quelquefois leur surface est caramélisée ; les pains supérieurs, au contraire, n'acquièrent pas toute la sécheresse désirable ; 2° la

plupart des étuves étant d'une section beaucoup trop grande, il se forme des courants d'air qui détruisent l'uniformité de la dessiccation; 3° dans les calorifères que l'on emploie, la fumée emporte en général beaucoup trop de chaleur.

Un bon calorifère à double enveloppe, entièrement séparé de l'étuve et qui fournirait de l'air chaud à la température voulue, et très régulièrement, tel que le calorifère Chaussenot, pourrait distribuer cet air chaud dans toutes les parties de l'étuve, et y entretenir ainsi une température uniforme. Mieux vaudrait encore le chauffage à circulation d'eau ou de vapeur; il donnerait la température la plus uniforme, et déjà dans plusieurs raffineries bien montées, ce chauffage a été adopté dans les greniers; il est probable qu'il ne tardera pas à l'être dans les étuves.

Quel que soit le mode de chauffage que l'on emploie, il faut, dans les commencements de l'étuvage, ménager la température de manière que l'air chaud ne soit pas au dessus de 25 degrés; peu à peu, on porte jusqu'à 30 degrés, et on maintient cette température pendant six jours. A cette époque, la dessiccation doit être arrivée à son terme; on le reconnaît à la sonorité des pains de sucre et à leur dureté assez grande; on laisse refroidir lentement l'étuve, de peur que le changement brusque de température n'altère la solidité des pains.

Une étuve pour raffinerie devrait donc être construite d'après le même principe que les fours à recuire des cristalleries, ou mieux encore, que le four à sécher les billettes de Baccarat. En effet, si dans une longue galerie, munie d'un chemin de fer, on faisait marcher des chariots chargés de pains de sucre, en sens inverse de la direction du courant d'air chaud, on obtiendrait évidemment le maximum d'effet utile, et on rendrait l'opération tout à fait continue et régulière; avantage dont tous les manufacturiers connaissent l'importance.

3528. Après la dessiccation des pains, la dernière opération qu'on leur fait subir est l'enveloppage : ils sont prêts alors à livrer au commerce.

Les sirops qui se sont écoulés pendant toute l'opération du raffinage sont traités de différentes manières, suivant l'exigence des débouchés ; mais ils donnent toujours des produits secondaires, sauf les sirops d'égout que l'on remet en charge avec du sucre brut.

Ces sirops, traités successivement, donnent les produits connus sous les noms de *lumps*, *bâtardes*, *vergeoises*, et enfin la mélasse, qui est le résidu final, ne contenant plus de sucre cristallisable, et qu'on livre presque en entier aux distillateurs.

Les trois qualités inférieures de sucre que nous avons citées plus haut, et qui sont nommées dans l'ordre de leur beauté, sont obtenues dans des formes beaucoup plus grandes que celles qui produisent le sucre de première qualité. Cette précaution est nécessaire, parce que le sirop étant moins riche, il en faut une plus grande masse pour obtenir une cristallisation nerveuse. On est aussi obligé, aussitôt après l'*emplissage*, de porter ces formes, qui contiennent 30 kilogrammes de sucre cuit, dans une pièce où la température doit être très élevée, et d'autant plus élevée qu'on opère sur des produits plus impurs. Les lumps ne demandent qu'une température de 20 à 22 degrés et cinq à six jours d'égouttage. Les vergeoises, au contraire, exigent une température graduellement élevée jusqu'à 40 degrés, et un laps de temps qui varie entre quinze à vingt jours. Tous ces produits inférieurs peuvent, du reste, quand les débouchés le demandent, être soumis à deux et même trois terrages qui leur donnent de la blancheur. Les sirops qui s'écoulent des vergeoises, rapprochés dans la chaudière de cuite, peuvent quelquefois donner une quatrième cristallisation inférieure encore à toutes les

précédentes. La mélasse est, comme nous l'avons dit, le dernier résidu.

Pour qu'on se rende un compte exact des divers produits du raffinage, nous avons réuni ici les données des principales opérations.

RAFFINAGE EN FORMES.

| | Petites. | Grandes. |
|---|---|---|
| Poids du sucre et du sirop... | 15 kil. | 30 kil. |
| Sucre égoutté..... | 10 | 17,5 |
| Sucre sec..... | 8,5 | 16 |
| Sucre terré..... | 5,5 | 8,5 |
| Sirop vert..... | 5 | |
| Première mélasse..... | | 13,5 |

Le sucre brut mis en grandes formes produit les résultats suivants dans les fabriques de sucre de betteraves :

| | | |
|---|---|---|
| Poids du sucre et du sirop.... | | 55 kil. |
| Sucre égoutté..... | 26 à | 30 |
| Sucre sec..... | 23 à | 27,5 |
| Première mélasse..... | 29 à | 25 |

3529. Pour faire apprécier toutes les dépenses qu'entraîne le raffinage du sucre, nous allons récapituler la durée de chacune des opérations, et montrer, par la durée totale du raffinage, à quoi s'élèvent les quantités énormes de sucre que doit toujours avoir un raffineur.

| | |
|---|---|
| Fonte, clarification, filtrations, cuites, empli, cristallisation..... | 1 jour de 24 h. |
| Égouttage, au *maximum*..... | 4 |
| Premier terrage..... | 10 |
| Deuxième terrage, plamotage, etc.. | 12 |
| Étuvage..... | 8 |
| | 35 à 40 jours. |

D'après ce tableau, on voit qu'il faut de trente-cinq à

quarante jours, avant que le fabricant puisse livrer le sucre de première qualité qu'il retire du sucre brut; il faut un temps bien plus long encore pour obtenir les produits secondaires. Un raffineur qui opère sur 16,000 kilogrammes de sucre brut, produit par jour près de 8,000 kilogrammes de sucre raffiné. Il aura donc toujours dans son établissement près de 320,000 kilogrammes de sucre de première qualité en travail. Si on ajoute à cette quantité énorme un poids presque égal de sucres de qualités inférieures, plus le sucre brut qu'un raffineur doit toujours avoir en avance, on se fera une idée des capitaux enfouis dans cette industrie, et, ce qui en est la suite, de l'augmentation qu'éprouve le sucre brut en passant à l'état de sucre raffiné. D'après tout ce que nous venons de dire, on comprendra que, si on ne peut découvrir un procédé convenable pour fabriquer directement du sucre raffiné, ce serait déjà un grand pas et une belle amélioration que celle qui consisterait à diminuer de beaucoup le temps du raffinage. Depuis longtemps déjà, plusieurs essais, dont quelques uns ont même été exécutés en grand, ont été dirigés vers ce but; mais jusqu'à présent aucun d'eux n'a bien réussi, et celui qui présentait le plus de chances de succès avait, comme on va le voir, un inconvénient des plus graves.

3530. *Procédé de purification par l'alcool.* Ce procédé, indiqué en 1808 par M. Derosne, est basé sur la propriété qu'a l'alcool convenablement concentré (33 à 34 degrés) de ne pas dissoudre sensiblement de sucre cristallisable, mais de se mêler avec la mélasse qu'il peut entraîner en la rendant plus fluide. D'abord l'emploi de l'alcool fut appliqué au sucre brut; on était parvenu, en mélangeant ces deux substances et en soumettant le mélange à des pressions réitérées, à extraire la plus grande partie de la mélasse. Plus tard, M. Derosne a essayé de substituer l'emploi de l'alcool au procédé du terrage, dans le raffinage. A cet effet, dès

que le sirop cuit, mis dans les formes, puis en égout commence à prendre son écoulement, on verse sur la base des cônes une petite quantité d'alcool à 34 degrés, et on couvre exactement la surface des formes. De temps en temps, on a soin d'ajouter une nouvelle quantité d'alcool, jusqu'à ce que la pointe du pain soit à peine colorée. Par ce procédé, on peut livrer le sucre raffiné au bout de six jours, et il paraît que le raffinage est en somme moins dispendieux que celui qui est en usage aujourd'hui. Malheureusement, le procédé par l'alcool présente de grandes chances d'incendie, et la seule fabrique qui se soit montée d'après ce système a été la proie des flammes.

3531. *Devis approximatif d'installation d'une raffinerie cuisant de 1,000 à 1,100 pains par jour.*

| | |
|---|---|
| Générateurs, 70 chevaux | 16,000 fr. |
| Cylindre de retour d'eau et distillation de vapeur | 2,500 |
| Fourneaux et cheminées | 12,000 |
| Machine à vapeur de six chevaux, et pompe à eau | 10,000 |
| Une chaudière à fondre. . Deux id. à clarifier. Une id. de lavage. | 15,000 |
| Appareil à cuire dans le vide, de 2 mètres, et pompe à air | 17,000 |
| Deux réchauffoirs | 6,500 |
| Six filtres à poches | 8,000 |
| Dix filtres Dumont | 2,500 |
| Deux citernes à claircе | 5,000 |
| Deux réservoirs à sirops | 5,500 |
| Deux id. de lavage | 2,500 |
| Un plateau à dégraisser avec cloches en cuivre | 650 |
| à reporter | 103,150 |

| | |
|---|---|
| Report | 103,150 |
| Une presse à lavages, à vis avec plateau en fonte | 3,000 |
| Un filtre à lavage | 8,000 |
| Robinets, prises de vapeur et distribution | 4,500 |
| Conduits à vapeur et retour | 6,000 |
| Conduites de sirops provenant des pains | 2,500 |
| Manomètres, Flotteurs, etc. | 700 |
| Vis, brides, boulons, etc. | 1,500 |
| Réservoir à eau en bois | 600 |
| Bacs à terre | 1,200 |
| Bacs à formes | 400 |
| Lits de pains estimés à 1 fr. 50 c. par forme, (le système de goutttières couterait de 75 c. à 1 fr. par forme.) Formes de toutes espèces | 30,000 |
| Menus ustensiles, etc. | 3,500 |
| | 165,050 |

3532. Les diverses variétés de sucre que les raffineurs reçoivent ne fournissent pas toutes les mêmes quantités de sucre cristallisé. Voici un tableau exprimant ces rendements :

RENDEMENT DES SUCRES BRUTS DE BETTERAVES.

| 100 kilogr. | Sucre en pains terrés. | Lumps terrées. | Vergeoises. | Melasses. |
|---|---|---|---|---|
| Basse 4e | 32 | 15 | 15 | 18 |
| 4e commune | 54 | 16 | 14 | 16 |
| 4e bonne ordinaire | 58 | 17 | 12 | 13 |
| Bonne 4e | 60 | 18 | 10 | 12 |
| Belle 4e | 62 | 18 | 10 | 10 |
| Sucre claircé | 65 | 17 | 8 | 10 |

Pour chaque sorte correspondante, le sucre de cannes rend de 2 à 3 p. 100 de moins en sucre cristallisé, et de 2,5 à 3 p. 100 de plus en mélasse.

On a donc aussi au moins, pour une bonne 4e ordinaire, par 100 kilogrammes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pains et lumps terrés..... | 65 | à | 70 |
| Vergeoises..... | 20 | à | 10 |
| Mélasse..... | 17 | à | 15 |
| Papier, ficelle..... | 2 | à | 5 |
| | 104 | | 100 |

Si on tient compte de l'eau et des corps étrangers que le sucre renferme, quantités qui s'élèvent à environ 8 p. 100; le sucre réel se réduit à 92, et si l'on ajoute 4 p. 100 bénéfice de taré, on porte le poids réel à 96, quantité qui a fourni en prenant de l'eau pour former la mélasse, les poids exprimés plus haut.

On comprendra maintenant ce que signifie le rendement légal du sucre, base du remboursement des droits à la sortie, pour les sucres qui sont venus se faire raffiner et qui sont exportés ensuite.

Pour rembourser les droits de 100 kilogr. de sucre brut, on exige en France la sortie de 78 kilogr. de sucre lumps ou de 75 kilogr. de sucre en pains.

En Angleterre, le rendement a été fixé à 68, en Hollande à 66, en Belgique à 62.

Quand un pays abaisse le rendement, il favorise le raffinage et donne un aliment au commerce d'exportation. Dans une proportion modérée, cette faveur n'est pas une charge pour l'état, car elle favorise la production des vergeoises, sucres à bas prix qui ouvrent le débouché en sollicitant la consommation dans les classes pauvres.

Mais quand le rendement est placé trop bas, le commerce d'exportation prélève un véritable bénéfice sur le pays.

—

Outre les différents sucres commerciaux résultant des procédés de raffinage que nous avons fait connaître,

on prépare encore, dans certaines raffineries, du *sucre royal*, du *sucre tapé*, du *sucre candi* et du *sucre d'orge*. Ces produits ont parfois une importance dont nous indiquerons les motifs.

3533. *Sucre royal.* On désigne sous ce nom un sucre très blanc, brillant et solide, obtenu par un double raffinage. On emploie pour sa préparation des pains raffinés, cassés accidentellement. On les fait dissoudre dans l'eau, puis on clarifie le sirop au blanc d'œuf, après avoir ajouté dans la chaudière 4 à 5 p. 0/0 de charbon animal. On verse le sirop dans un filtre Taylor, et il coule ensuite sur le noir en grains. On fait cuire rapidement la clairce obtenue. Les sirops cuits destinés à la préparation du sucre royal doivent être peu agités dans le rafraichissoir; on *opale* et on *mouve* dans les formes elles-mêmes.

La base des pains est déjà presque incolore dans l'empli; le sirop non couvert qui en découle a une légère teinte blonde; le pain loché avant le terrage, est aussi blanc que le sucre raffiné ordinaire.

On verse deux terres sur le sucre royal, on le laisse égoutter, et on le détache à trois reprises de la forme, en le *plamotant*, pour compléter l'*égouttage*. On retourne le pain sur sa base; après douze heures on le découvre, on le fait étuver à une température douce et régulièrement croissante.

On peut préparer directement le *sucre royal*, ou *demi-royal*, avec le sucre brut de belle qualité, si l'on destine à cet usage tout le sirop très peu coloré, qui passe pendant le premier tiers de la durée de la filtration opérée sur du noir en grains de première qualité.

3534. *Sucre tapé.* On prépare ce sucre à Marseille et en quelques autres localités. Sa blancheur est à peu près égale à celle du sucre raffiné. Il se fait avec les lumps terrés incomplètement séchés. On les égrène en les râpant au moyen d'un couteau à deux manches, ou d'une râpe mé-

canique. On passe le sucre ainsi divisé au travers d'un tamis en toile métallique.

Cette poudre humide sert à remplir de petites formes trempées dans l'eau, qu'on a préalablement fait égoutter; on tasse le sucre dans la forme en remplissant celle-ci à diverses reprises, avec un pilon à base plate. On loche les pains, au nombre de six à huit, sur une planche, que l'on porte ainsi chargée à l'étuve. Chaque forme mouillée et égouttée sert à façonner successivement six à huit pains seulement. L'adhérence du sucre, qui se manifesterait bientôt, oblige à faire tremper de nouveau les formes qui ont servi cinq à six fois.

M. Cail a dernièrement perfectionné cette fabrication vraiment importante, en ce qu'elle évite le déchet plus ou moins considérable qu'éprouvent tous les sucres à la refonte et en ce qu'elle marque un premier pas dans la voie que suivra probablement un jour le travail des raffineries.

Le principal inconvénient du procédé marseillais tenait au défaut d'adhérence entre chacune des couches successivement ajoutées. M. Cail évite cet écueil, en remplissant comble, et d'une seule fois, une forme très lisse et pesante en bronze épais d'un centimètre; un ouvrier robuste soulève et laisse retomber la forme pleine sur sa *pointe* arrondie. Ce choc réitéré trois fois suffit pour agglomérer fortement toute la masse; on loche et on fait étuver. Des quantités considérables de ces sucres en pains, deuxième qualité, ont déjà été livrées au commerce depuis deux ans.

3535. *Sucre candi.* On désigne sous ce nom le sucre obtenu en gros cristaux distincts et réguliers.

Le candi se fabrique essentiellement avec du sucre de cannes proprement dit. Le sucre de betteraves donne des cristaux trop longs et trop plats. On peut tout au plus faire entrer 20 pour cent de sucre de betteraves dans la masse destinée à fournir le candi.

Le sucre employé comme matière première, doit être

clarifié avec une petite quantité de noir animal fin, afin d'éviter d'augmenter trop sa faculté de cristallisation : trois à quatre centièmes suffisent. On clarifie aux œufs, et l'on passe sur un filtre Taylor.

Dès que la clairce est limpide, on procède à la cuite. On se sert ordinairement d'une chaudière à bascule à feu nu, ou d'une chaudière tubulaire de Taylor et Martineau. Si l'on voulait y appliquer l'une des chaudières évaporant dans le vide, il faudrait avoir la précaution d'élever, à la fin de l'opération, la température au degré de cuite à l'air libre, c'est à dire à 112° environ. On y parviendrait en laissant rentrer l'air atmosphérique, afin de rétablir la pression sans cesser le chauffage, deux minutes avant de tirer la cuite.

Si l'on traite une clairce d'une nuance foncée devant donner du sucre candi roux, il faut cuire au soufflé, bien détaché, c'est à dire jusqu'au point où l'écumoire, trempée dans la cuite, relevée verticalement, laisse échapper derrière elle des bulles légères, nombreuses et distinctes, lorsqu'on souffle avec force sur la surface concave. Lorsque l'on cuit la clairce pour le sucre candi paille, on s'arrête, dès qu'en opérant comme ci-dessus on obtient quelques bulles. Enfin, on évapore encore moins le sirop incolore d'où l'on obtient le candi blanc. La cuite est à son terme aussitôt que des globules commencent à se former derrière l'écumoire et s'en détachent à peine : c'est le *petit soufflé*.

Du raffraîchissoir, la cuite passe immédiatement dans les *terrines;* on porte celles-ci à l'étuve, et le travail se continue sans interruption, de manière à ce que l'étuve soit remplie en une seule matinée. Les *terrines* que l'on emploie sont en cuivre rouge, lisses et hémisphériques, ou en forme de cône, afin que le *pain* de cristaux en sorte facilement. Huit ou dix séries de trous percés dans les parois de chacune d'elles servent à passer des fils, maintenus

ainsi horizontalement et également espacés dans la capacité que doit remplir le sirop cuit.

Quand on opère sur de petits vases, un morceau de papier appliqué à la paroi extérieure sur ces trous suffit pour empêcher la déperdition du sirop; on peut même se dispenser de coller ce papier lorsque l'on fait du sucre candi roux, le sirop étant assez visqueux pour s'arrêter dans le mince passage que laisse chaque fil, et d'ailleurs un peu de candi bouchant bientôt toute ouverture. Dans le nord, où les vases sont assez grands, on mastique les trous avec un mélange de sang, de terre de pipe et de cendres.

On emplit successivement ces terrines de sirop cuit à l'aide d'un pucheux; puis on les place sur les étagères de l'étuve.

L'étuve à candi représente en petit les étuves destinées au raffinage, si ce n'est que l'on n'y établit pas de courant d'air, et que les étages de planchers à claire-voie y sont rapprochés à 33 centimètres environ les uns des autres.

A l'aide d'un calorifère, dont la porte s'ouvre à l'extérieur, on soutient la température vers 75°. Au bout de six jours, la température y est encore à 45 ou 50°. En huit jours, la cristallisation est terminée. On évite avec soin tout mouvement brusque, tout choc ou courant d'air, etc., qui pourrait troubler la formation régulière des cristaux. Alors, on enlève toutes les terrines, on ouvre un passage au sirop en brisant une partie de la croûte cristalline; on met les terrines en égout, en les posant presque verticalement sur deux traverses horizontales; une gouttière reçoit le sirop qu'elle conduit dans un réservoir commun. Les cristaux se sont déposés en partie à la surface du sirop, en partie sur les parois du vase, en partie sur les fils. C'est sur les fils que se trouvent les cristaux isolés. Quand on veut en obtenir de très gros, on fixe d'avance quelques cristaux sur ces fils; ils servent *d'amorces* et grossissent au point de peser 30 ou 40 grammes et davantage.

L'égouttage achevé, on détache le pain de candi, en plongeant un instant l'extérieur de la terrine dans l'eau bouillante ; puis on range les pains sur les traverses où ils achèvent de s'égoutter. Enfin, on les dessèche pendant une journée dans la pièce où ils sont en égout, au moyen d un poêle ou calorifère à courant d'air, puis on les brise, on trie les cristaux, on les assortit et on les emballe pour les livrer au commerce.

3536. On distingue trois sortes de sucres candis, dont le prix varie suivant la nuance. La première sorte, plus chère que les deux autres, est en cristaux blancs; la seconde, dite de nuance paille, est d'une couleur analogue en effet à la paille ordinaire; enfin, la troisième sorte, qui se vend au prix le plus bas, est d'une nuance jaune semblable à celle du sucre brut commun. Le candi jaune s'obtient en cristaux plus volumineux que les autres, mais ses faces sont moins nettes.

Dans le Nord, on fabrique un sucre candi noir qui se vend sous le nom de sucre Boërhaave.

Ce sont généralement les confiseurs qui s'occupent de la fabrication des sucres candis. Ils peuvent mieux utiliser les sirops séparés des cristaux. Les plus blancs sont assimilés au sirop de *gomme;* ceux qui sont légèrement ambrés au sirop dit de guimauve, et les plus foncés au sirop de capillaire. Cependant, si la consommation des candis est considérable, elle devient l'annexe obligée d'une raffinerie, et c'est ainsi que les choses se passent en Flandre.

Lorsque le placement de ces sirops ne correspond pas aux quantités qui résultent de la fabrication des candis, on les emploie à la préparation des lumps, bâtardes, vergeoises, suivant leurs nuances.

La matière première pour préparer le sucre candi roux st le sucre brut de qualité moyenne; pour le sucre candi paille, on emploie un mélange de parties égales de sucres terrés, Havane et de l'Inde : ce dernier, moins riche en

sucre cristallisable, contribue à ralentir la cristallisation et la rendre plus régulière.

On se sert pour fabriquer le sucre candi blanc de sucre en pains ordinaire. Ici, la grande proportion de sucre cristallisable rend la cristallisation trop rapide, par conséquent plus confuse et en cristaux moins volumineux; aussi remarque-t-on généralement que le sucre candi blanc est en plus petits cristaux que les autres.

En Flandre surtout, on fait une grande consommation de sucre candi pour prendre le thé, le café, etc. On l'emploie en Champagne pour ajouter une liqueur sucrée et fermentescible au vin mousseux. Ce produit cristallisé présente l'une des formes sous lesquelles le sucre devient une consommation de luxe. Enfin, le candi est employé pour sucrer des liqueurs faites, et en général, toutes les fois que l'on veut obtenir une solution de sucre diaphane sans clarification.

3537. *Sucre vitreux ou sucre d'orge.* Cette variété de sucre doit son nom à la faible solution d'orge qui entrait autrefois dans sa confection. On soumettait à l'ébullition dans une bassine, avec une suffisante quantité d'eau, 1 kil. d'orge, jusqu'à ce que les grains s'ouvrissent, et la décoction passée au tamis servait pour dissoudre le sucre que l'on clarifiait aussitôt au blanc d'œuf, jusqu'à ce que le sirop devînt clair et limpide. Maintenant, on supprime la décoction d'orge et on prépare un sirop de sucre qu'on fait cuire rapidement jusqu'à ce qu'il soit au grand cassé, c'est à dire qu'en plongeant le bout du doigt mouillé dans ce sirop, le replongeant aussitôt dans l'eau, on ait enlevé alors une couche de sucre qui, détachée et roulée, soit fragile. On le verse sur une table de marbre que l'on a lubrifié avec de bonne huile d'olives; lorsqu'il est assez refroidi on le coupe avec des ciseaux en petites bandes de 16 à 18 centimètres de longueur, que l'on roule sur des ardoises.

Si l'on veut que le sucre soit d'un beau jaune, on ajoute au sirop une petite quantité de décoction de safran.

En général, le sucre d'orge vendu à bas prix se compose exclusivement avec les sirops de sucre brut clarifiés, ou d'autres sirops communs, c'est même une application avantageuse de ces bas produits du raffinage.

3538. *Sucre de pommes.* Voici comment on prépare ce produit, lorsqu'on y emploie réellement des pommes, ce qui est rare. On coupe cinquante belles pommes de reinette par morceaux, après les avoir pelées; on en sépare les pépins, et on les met au feu avec suffisante quantité d'eau, pour qu'elles y puissent tremper. On les fait bouillir jusqu'à ce que les morceaux s'écrasent sous le doigt. On jette le tout dans un tamis posé sur une terrine et l'on en exprime le suc, qu'on mesure. L'on a préparé d'avance trois fois autant de beau sucre clarifié, et au moment où ce dernier est rapproché au degré de cuite, on y verse le suc de pommes. On rapproche, en remuant légèrement, de peur que le jus de pommes ne fasse adhérer et caraméliser le sirop au fond de la bassine.

Quand la cuite est au terme du grand cassé, on verse le produit sur une table de marbre un peu creuse et graissée de bonne huile d'olives. On lui laisse prendre une légère consistance. Alors, avec un emporte-pièce à compartiments, on le coupe soit en losanges, en petites tablettes ou pastilles, ou bien on le roule sous forme de cylindres ou d'étuis. On peut aussi le mouler en petites sphères. Généralement, lorsqu'il n'entre ni suc de pommes, ni extrait d'orge dans ces sucres, le plus blanc est nommé sucre de pommes, le plus coloré sucre d'orge.

Afin d'obtenir des bâtons de ces sucres, dont le diamètre soit égal, on les roule entre deux règles fixées parallèlement sur une table plane. On les enveloppe quelquefois dans les lames très minces d'étain, recouvertes ensuite de papier, afin d'éviter que l'humidité de l'air ne les altère. Au surplus leur transparence, due à une solidification brusque,

cesse par degrés et de la périphérie au centre, à mesure que la cristallisation s'y développe spontanément.

3539. M. Woehler vient de publier sur les modifications que le sucre éprouve dans ces circonstances, des réflexions pleines d'intérêt. Il fait remarquer que les substances qui se présentent sous les deux états analogues à ceux du sucre d'orge transparent et du sucre cristallisé, possèdent dans ces circonstances deux points de fusion bien distincts et très éloignés l'un de l'autre. Ainsi, tandis que le sucre candi ne fond qu'à 160° le sucre d'orge transparent fond entre 90° et 100°.

On sait, depuis longtemps, que le verre dévitrifié est moins fusible que le verre ordinaire et que le soufre mou est plus fusible que le soufre dur.

M. Graham a depuis longtemps émis sur cette question une opinion très importante. Il regarde ces corps, à l'état amorphe, comme étant combinés avec une portion de chaleur qui maintient leurs molécules dans un état particulier. Cette chaleur pourrait se dissiper et les molécules reprendre leur équilibre stable, quand on maintiendrait le corps pendant longtemps dans un état de mollesse.

Cette opinion de M. Graham a été pleinement confirmée par M. Regnault qui a vu récemment le soufre chauffé vers 90°, perdre subitement beaucoup de chaleur et se convertir en soufre dur.

On peut donc penser que le sucre d'orge transparent contient de la chaleur qu'il perd, quand il passe peu à peu à l'état opaque. Une température très élevée doit favoriser ce changement qui, avec le temps, finit toujours par s'accomplir. Aussi, quand on expédie du sucre d'orge ou de pommes aux colonies, est-il rare qu'il y parvienne transparents.

Le vinaigre maintient l'état transparent, aussi ajoute-t-on généralement un peu d'acide au sirop pendant l'évaporation.

Le sucre est donc un corps éminemment vitrifiable.

Fondu à 160°, il se solidifie ensuite, non pas brusquement comme l'eau, mais comme les verres, lentement et en passant par toutes ces nuances de viscosité qui caractérisent la solidification des corps vitreux. Comme eux, il peut se tirer en fils très fins, circonstance que l'art du confiseur met souvent à profit.

3540. Dans le cours de ce chapitre, nous avons souvent employé des expressions numériques sur lesquelles nous avons cherché à réunir ici des résultats dignes de confiance.

On a souvent besoin de connaître combien une solution sucrée renferme de sucre réel. La table suivante établie par M. Payen, permet de le déterminer, soit d'après le degré aréométrique, soit d'après la densité.

TABLEAU DES DENSITÉS ET PROPORTIONS DE SUCRE DANS DES SOLUTIONS A + 15° CENTIGRADES.

| SUCRE. | EAU. | DENSITÉ. | DEGRÉ Beaumé. | VOLUME. | SUCRE DANS | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 100 litres. | 100 kilogr. |
| kilog. | kilog. | | degr. | litres. | kilog. | kilog. |
| 100 | 50 | 1345,29 | 37 | 111,5 | 89,68 | 66,6 |
| » | 60 | 1322,31 | 33,75 | 121 | 82,64 | 62,5 |
| » | 70 | 1297,93 | 32 | 131 | 76,35 | 58,8 |
| » | 80 | 1281,13 | 30,50 | 140,5 | 71,17 | 55.5 |
| » | 90 | 1266,66 | 29 | 150 | 66,66 | 52,6 |
| » | 100 | 1257,86 | 27,25 | 159 | 62,88 | 50 |
| » | 120 | 1222,22 | 25 | 180 | 55,55 | 45,4 |
| » | 140 | 1200 | 22,50 | 200 | 50 | 41,6 |
| » | 160 | 1187,21 | 21 | 219 | 45,66 | 38,4 |
| » | 180 | 1176,47 | 19,50 | 238 | 42 | 35,7 |
| » | 200 | 1170,72 | 18,50 | 256,25 | 39 | 33,3 |
| » | 250 | 1147,54 | 16 | 305 | 32,7 | 28,5 |
| » | 350 | 1111,11 | 12,50 | 405 | 24,6 | 22,2 |
| » | 450 | 1089,10 | 10,15 | 505 | 19,8 | 18,1 |
| » | 550 | 1074,38 | 8,50 | 605 | 16,5 | 15,3 |
| » | 650 | 1063,83 | 7,50 | 705 | 14,18 | 13,3 |
| » | 750 | 1055,90 | 6,50 | 805 | 12,42 | 11,7 |
| » | 945 | 1045 | 5 | 1000 | 10 | 9,5 |
| » | 1445 | 1030 | 3,50 | 1500 | 6,66 | 6,4 |
| » | 1945 | 1022,05 | 2,50 | 2000 | 5 | 4,8 |
| » | 2445 | 1018 | 2 | 2500 | 4 | 3,3 |
| » | 2945 | 1015 | 1,75 | 3000 | 3,33 | 3,2 |

On a réuni dans une table distincte les données qui expriment les proportions d'eau que le sucre conserve dans les cuites, définies comme elles le sont habituellement dans le commerce.

PROPORTION DE SUCRE ET D'EAU DANS LES CUITES.

| SUCRE. | EAU. | ÉPREUVES. |
|---|---|---|
| 95,75 | 4,25 | Grand cassé. |
| 92,67 | 7,33 | Petit cassé. |
| 91 | 9 | Grand soufflé. |
| 88 | 12 | Crochet léger. |
| 87 | 13 | Crochet fort. |

Enfin, comme il est très important pour beaucoup de calculs relatifs à la construction des appareils employés dans les raffineries ou dans les sucreries, de savoir à quelle température précise une dissolution sucrée entre en ébullition, on a réuni dans la table suivante les points d'ébullition d'un grand nombre de dissolutions sucrées, à partir de 101° C. Plus bas, la table n'aurait offert aucune application utile.

Au moyen de ces trois tables, on pourra donc toujours se rendre compte de la proportion de sucre contenue dans un liquide, soit qu'on observe les caractères physiques de la cuite, soit qu'on se guide d'après la densité donnée par l'aréomètre, soit qu'on parte du point d'ébullition observé au thermomètre centigrade. Bien entendu, néanmoins, que ces nombres ne s'appliquent qu'aux dissolutions de sucre pur, et qu'il ne faudrait pas en faire usage pour des dissolutions renfermant des quantités plus ou moins notables de mélasse ou de sels solubles.

TABLEAU DES POINTS D'ÉBULLITION DE DIVERSES SOLUTIONS DE SUCRE.

| SUCRE. | EAU. | TEMPÉRATURE. | DÉNOMINATION. |
|---|---|---|---|
| 100 | » | 133 | |
| » | » | 132,50 | cassé sur le doigt |
| » | 10,92 | 128,5 | grand cassé |
| » | » | 122,10 | petit cassé |
| » | 16,29 | 115 | |
| » | » | 112,50 | |
| » | » | 120 | grand soufflé |
| » | » | 119 | soufflé ordinaire |
| » | 18,84 | 112 | crochet fort |
| » | 25,05 | 110,50 | crochet ordinaire |
| » | 28,52 | 108 | Filet léger. |
| » | 36,00 | 106 | crochet faible |
| » | 41,63 | 105 | |
| » | 47,26 | 104,50 | |
| » | 53,26 | 104,25 | |
| » | 91,11 | 103 | |
| » | 88,96 | 102 | |
| » | 106,81 | 101,75 | |
| » | 124,66 | 101 | |

Si on avait à observer des dissolutions sucrées plus faibles, il faudrait les amener par la concentration au terme convenable, pour que ces caractères devinssent susceptibles d'être observés.

SUCRE DE CANNES FOURNI PAR DIVERSES PLANTES.

3541. *Sucre d'érable.* La plupart des sèves sont sucrées et contiennent du sucre de cannes. On peut donc souvent mettre cette circonstance à profit; mais c'est surtout dans l'érable à sucre qu'elle se présente de la manière la plus remarquable.

M. Castelnau m'a donné du sucre d'érables en larmes, obtenu par les Indiens Chippeways. Il se produit en faisant une incision à l'arbre, comme s'il s'agissait d'extraire la résine des pins. Les Indiens recueillent les gouttes qui

se sont concrétées à la fin de l'année et après les premiers froids; ils se contentent de les mettre en poudre.

Les blancs des frontières, ceux du Canada, ainsi que les sauvages qui vivent dans leur voisinage, ont l'habitude de faire la récolte au printemps et de faire dissoudre et cristalliser ce produit.

Aux Etats-Unis, on le trouve généralement en petits gâteaux bruns. Mais au Canada, il y a plusieurs raffineries qui raffinent exclusivement le sucre d'érable et qui le livrent sous forme de pains comparables au meilleur sucre de cannes.

La petite île de Michima-Kimac, située aux confluents des lacs Huron et Michigan, est le principal marché de cette denrée qui se vend sur les lieux de 60 à 75 c. le kilogramme.

L'érable à sucre, *Acer saccharinum* de Linnée, croit spécialement dans les états de New-York et de Pensylvanie; il y donne une proportion de sucre plus grande que celui qui vient dans l'Ohio. On le trouve quelquefois en fourrés de cinq ou six arpents de longueur, mais le plus souvent il est dispersé parmi les autres arbres. On suppose qu'il arrive à toute sa croissance en quarante ans.

L'extraction du sucre d'érable est une grande ressource pour les habitants des cantons éloignés de la mer; elle est très simple. Après avoir choisi un endroit qui contienne beaucoup d'érables, on élève un toit pour protéger les chaudières et les travailleurs des injures de l'air. Leur matériel se compose d'une ou plusieurs tarières de trois pouces de diamètre, de petits vaisseaux chevillés pour recevoir la sève, de tubes de sureau ou de sumac de huit ou dix pouces de long, de vaisseaux ouverts au tiers de leur longueur, et correspondants en grandeur avec les tarières, de seaux pour vider ces vaisseaux et porter la sève au hangar, de chaudières, de moules pour recevoir le sirop épaissi à la consistance propre à former un pain de sucre, et enfin de hachettes pour couper le bois et le fendre. La fin de février

et le commencement de mars constitue la saison du sucre.

On perce les arbres obliquement de bas en haut, à dix-huit ou vingt pouces de terre, à la profondeur de quatre ou cinq pouces. Il faut prendre garde que les tarières ne pénètrent pas plus d'un demi-pouce dans l'aubier ou écorce blanche, car l'expérience prouve qu'il y a une plus grande quantité de sève à cette profondeur qu'en aucune autre. Il faut aussi faire attention à percer l'arbre du côté du midi.

Les vaisseaux où le suc se rend contiennent ordinairement de trois à quatre gallons et sont faits de sapin blanc; on les place à terre au pied de chaque arbre, pour recevoir la sève qui coule des deux tubes enfoncés dans les trous de tarière. Tous les jours on rassemble la sève, on la porte à l'atelier, et on la verse dans des tonneaux auxquels les chaudières peuvent puiser. Il faut dans tous les cas faire bouillir la sève dans les deux ou trois jours qui suivent sa sortie de l'arbre, car elle entre en fermentation très promptement. L'évaporation est causée par un feu vif, l'on doit écumer souvent le sirop pendant qu'il bout, et ajouter toujours de la sève jusqu'à ce qu'elle ait pris la consistance de sirop. On doit alors le laisser refroidir, et le passer dans une pièce de laine, pour le purifier.

Le sirop est alors transporté dans une chaudière que l'on emplit jusqu'aux trois quarts, et que l'on chauffe avec un feu vif, jusqu'à ce que le sirop ait acquis la consistance nécessaire, et on le jette dans des moules. Pendant la dernière ébullition, comme le liquide écume beaucoup, on y jette un peu de beurre ou de graisse. Après que toute la mélasse s'est écoulée des pains qui ont pris consistance, le sucre d'érable est aussi agréable au goût que celui de canne et sucre aussi bien. Lorsqu'il est raffiné, il est aussi beau que le sucre en pains d'Europe. Le temps pendant lequel les arbres laissent couler leur sève dure six semaines; vers la fin de ce temps, la sève est moins abondante, moins sucrée et moins facile à cristalliser.

3542. *Sucre de citrouille.* Hofmann a essayé il y a quelques années en Hongrie, la culture de la citrouille comme plante capable de fournir du sucre de cannes. La citrouille rend 4 pour cent de sucre, et comme sa culture est moins coûteuse que celle de la betterave, l'inventeur comptait sur un produit égal. La citrouille fournit 82 pour cent de jus d'une densité de 8 à 11° de l'aréomètre de Beaumé. Il paraît que le jus s'altère très difficilement. Jusqu'ici, pourtant, cette fabrication n'a pas eu de suite.

Le melon contient aussi du sucre de cannes.

3543. *Sucre de maïs.* M. Pallas a préconisé dans ces dernières années l'extraction du sucre de maïs comme capable de rivaliser avec celle de la betterave. Il est probable qu'elle est moins avantageuse, car M. Pallas n'a pas pu en retirer plus de 3 pour cent de sucre cristallisé.

Toutefois, il faut noter que la tige du maïs renferme un suc très riche en sucre de cannes proprement dit.

M. Pallas a été conduit à essayer si la quantité de sucre ne serait pas augmentée en prenant la précaution de châtrer les tiges pour les empêcher de fructifier. Comme on pouvait s'y attendre, le jus s'est montré plus sucré dans les tiges châtrées que dans les autres.

D'après MM. Biot et Soubeiran, le suc des tiges châtrées ne contenait pas moins de 10 à 11 p. 100 de sucre cristallisable avec une trace de sucre analogue au glucose.

Celui des tiges non chatrées renfermait, au contraire, 8 p. 100 seulement de sucre cristallisable.

Ces résultats montrent que, si le maïs offre peu d'avantages pour le nord de la France, par exemple, il serait propre à fournir à nos départements du midi, où la culture de la betterave rencontre d'insurmontables obstacles, une plante à sucre digne d'être soumise à des essais en grand.

3544. Le sucre de cannes existe aussi dans la châtaigne, d'où on avait proposé de l'extraire à l'époque du blocus continental.

Le navet, la carotte en renferment.

On l'a indiqué aussi dans le *coco*, dans l'*amande douce* et *amère*, dans l'*ananas*, dans la *batate*, et d'après les recherches de M. Avequin dans nombre de fruits des tropiques, savoir : la *pomme de cannelle*, le *cachiment*, le *mango*, la *sapotille*, l'*orange doucé*, la *figue banane* et la *pomme rose*.

### DISTINCTION DES DIVERS SUCRES.

3545. Le sucre de cannes forme une espèce parfaitement distincte. Nous ignorons en quoi consiste la modification qui le rend incristallisable dans la mélasse, mais il est hors de doute qu'il faut reconnaître l'existence d'un sucre de cannes devenu incristallisable.

L'amidon se convertit par les acides en un sucre distinct, ordinairement mamelonné que j'appelle glucose. Celui-ci peut lui-même devenir impropre à prendre l'état solide; il y a donc un glucose incristallisable. Outre ces quatre variétés de sucre, quelques chimistes admettent avec M. Biot des divisions plus nombreuses.

M. Bouchardat, qui s'est beaucoup occupé de l'étude des sucres, a fait sur ces corps quelques remarques qui doivent trouver ici leur place. Il croit nécessaire de subdiviser l'espèce de sucre que j'ai désignée sous le nom de *glucose*. Voici ses motifs : 1° le sucre mamelonné fourni par l'action des acides étendus sur le sucre de cannes, résiste moins longtemps que le sucre de fécule à l'action décomposante des acides étendus. 2° M. Biot a reconnu qu'il existe des différences dans le pouvoir rotatoire du sucre de raisin, selon qu'on l'observe tel qu'il existe dans les fruits, ou bien cristallisé, observation que M. Soubeiran a nouvellement étendue au sucre de canne modifié sous l'influence de l'air et de la chaleur. 3° M. Biot a observé que les pouvoirs de rotation du sucre ordinaire de fécule et du sucre diabétique étant égaux, le sucre d'amidon obtenu par M. Jaquelain, en faisant agir 1/300 d'acide oxalique sur la dissolution d'amidon à l'aide d'une forte pression, avait un pouvoir rotatoire double.

De tous ces faits, M. Bourchardat conclut que l'espèce glucose comprend probablement plusieurs variétés, ou même qu'il faudra la subdiviser en plusieurs espèces nouvelles.

A. Il donne provisoirement le nom de *muco-glucose* au sucre cristallisé en mamelons résultant de l'action des acides étendus sur la gomme ou sur la lactine.

Cette conversion n'est pas une chose aussi facile qu'on l'admet généralement. Il a fait bouillir pendant vingt-quatre heures de la gomme ou de la lactine en solution dans cinq parties d'eau contenant 1/10 en poids d'acide sulfurique. Les liqueurs se colorent, mais elles précipitent constamment et avec grande abondance par l'addition d'alcool rectifié. La conversion est toujours très limitée, et jamais, malgré dix jours d'ébullition soutenue, il n'a pu obtenir la transformation complète de la gomme arabique en sucre mamelonné; l'action a toujours été partielle, et n'est nullement comparable à ce qu'on observe lorsqu'on agit sur le sucre de cannes ou sur l'amidon.

L'action de l'acide sulfurique concentré sur la gomme et la lactine n'est point aussi complète non plus que celle du même acide sur la cellulose.

On a fait une pâte avec la gomme pulvérisée et l'acide sulfurique : le mélange brunit; après vingt-quatre heures, on l'a étendu de cinq fois son poids d'eau, et on l'a fait bouillir pendant vingt-quatre heures. Les liqueurs étaient colorées; elles ont été saturées par du carbonate de chaux et précipitées par l'alcool. Les liqueurs alcooliques distillées ont donné un sirop qui, à la longue, a déposé du sucre mamelonné, en très faible proportion. Avec la lactine, la conversion est plus facile, et on peut obtenir ainsi des proportions très notables de produit mamelonné. Dans les deux cas, ce sucre est identique.

Il possède tous les caractères assignés au glucose de raisin cristallisé, ou d'amidon; son pouvoir rotatoire est exactement le même. Seulement, traité par l'acide nitrique, il a toujours donné, quoique bien pur, bien soluble dans l'alcool, de l'acide mucique, mais en proportion trois fois moins considérable que la lactine. C'est cette propriété, que M. Bouchardat croit liée à un état moléculaire persistant dans ce produit, qui le conduit à le distinguer et à le désigner sous le nom de *muco-glucose*. On aura à examiner, à cet égard, si ce n'est pas un simple mélange ou une combinaison de lactine et de glucose, par l'effet duquel la solubilité de la lactine se trouverait modifiée.

B. M. Bouchardat donne provisoirement le nom de *sac-*

*charo-glucose* au sucre cristallisé en mamelons résultant de l'action des acides étendus sur le sucre de cannes.

La transformation du sucre de cannes en sucre mamelonné s'effectue, comme on le sait, avec la plus facilité par l'action des acides étendus, même à froid. Après la saturation, le sucre cristallise à la longue en mamelons.

Voici les caractères qui distinguent ce sucre du glucose d'amidon. Lorsqu'on traite comparativement ces deux produits par de l'eau contenant 1/10 d'acide sulfurique, le glucose résiste très longtemps, le saccharo-glucose s'altère assez vite, la solution brunit et laisse même déposer des flocons. Le glucose d'amidon, de diabète, de raisin, le muco-glucose de gomme et de lactine, ont exactement le même pouvoir rotatoire à gauche; le saccharo-glucose exerce aussi son pouvoir rotatoire dans le même sens, mais avec une intensité toujours moindre.

C. Le glucose, proprement dit, comprend, outre le sucre de fécule, celui de diabète, et peut-être le sucre de raisin mamelonné. Il faut remarquer néanmoins que le glucose d'amidon obtenu, soit par une forte pression à l'aide d'une petite quantité d'acide oxalique, soit par l'action longuement continuée des acides, diffère par son pouvoir rotatoire du glucose ordinaire.

---

M. Frommherz a reconnu qu'on pouvait distinguer très facilement le sucre de cannes du glucose, en se fondant sur la tendance que ce dernier possède à s'emparer de l'oxygène. Ainsi, quand on dissout du tartrate de cuivre dans une dissolution de potasse et qu'on la chauffe à 100°, si on y ajoute du sucre de cannes, elle n'est pas modifiée, mais la plus légère trace de sucre de raisins y détermine un dépôt jaune de protoxyde de cuivre hydraté, qui se convertit bientôt en une poudre rouge de protoxyde anhydre. M. Bareswil a donné à ce procédé une forme très pratique en exécutant l'essai avec des liqueurs titrées.

Si on expose à un bain-marie, constamment maintenu à une température qui ne dépasse pas 80°, des échantillons des différentes espèces de glucose, on trouve que la balance accuse une légère perte à chaque pesée, même quand on continue pendant dix jours. Après ce temps, tous les glucoses, qui à cette température s'étaient liquéfiés, sont transformés en caramel.

## GLUCOSE.

*Sucre de raisin, sucre de fruit, sucre d'amidon, sucre de diabètes, etc.*

1° *Sucre de raisin.* PARMENTIER, *Ann. de chim.*, t. 67, 68, 70, 74, 75, 76, 80, 87 et 88. PROUST, *Journ. de physiq.*, t. 63, p. 257, et p. 341. DUBUC, *Ann. de chim.*, t. 68, p. 113.

2° *Sucre de miel.* PROUST, *Journ. de physiq.*, t. 63, p. 257.

3° *Sucre de diabètes.* THÉNARD et DUPUYTREN, *Ann. de chim.*, t. 44, p. 45. CALLOUD, *Journ. de pharm.*, t. 11, p. 562. PÉLIGOT, *Ann. de chim. et de physiq.*, t. 67, p. 113. BOUCHARDAT, *Journ. de pharm.*, t. 21, p. 627.

4° *Sucre de fécule.* KIRCHOFF, *Journ. de phys.*, t. 74, p. 199. DE SAUSSURE, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 11, p. 379. GUÉRIN VARRY, *Id.*, t. 40, p. 32.

5° *Sucre de ligneux.* BRACONNOT, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 12, p. 172.

Je réunis provisoirement sous le nom de *Glucose* les divers produits sucrés qui présentent une cristallisation confuse ou mamelonnée. Le *glucose* parait formé de :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{24}$ — | 918,24 — | 36,8 |
| $H^{28}$ — | 175,00 — | 7,0 |
| $O^{14}$ — | 1400,00 — | 56,2 |
| | 2493,24 | 100,0 |

Voilà du moins la composition généralement assignée à ce corps, tel qu'on l'obtient, soit par une dessiccation à 100°, soit par une dessiccation à froid dans le vide. Cependant, il reste quelques difficultés à éclaircir à cet égard, et il serait utile de refaire de nouvelles analyses pour les dissiper.

J'ai la conviction qu'on trouvera le glucose identique,

quelle que soit son origine; soit qu'il provienne du miel et des fruits sucrés, soit qu'on le retire de l'urine des diabétiques, soit qu'on le produise par des réactions chimiques, au moyen de l'amidon et du ligneux.

Mais cette conviction, que tous les chimistes ne partagent pas, ne pourra être entièrement justifiée qu'alors qu'on aura soumis toutes ces variétés de sucre à des épreuves comparatives très délicates et très multipliées.

3548. Le glucose est un produit très répandu dans la nature. Les raisins en contiennent une si grande quantité qu'on peut l'en extraire en fabrique; il constitue ces grains de sucre qu'on voit dans le raisin sec, et l'enduit farineux que l'on trouve à la surface des pruneaux et des figues. La saveur douce de la plupart des fruits de nos climats doit lui être attribuée. On en trouve dans le miel et dans les sucs sucrés des fleurs. L'urine des diabétiques en renferme souvent de grandes quantités. Enfin, la chimie peut en produire par des moyens artificiels; par exemple, en traitant la cellulose, l'amidon, la gomme, le sucre de canne, le sucre de lait, etc., par les acides.

3549. Le sucre de raisin cristallise, mais très lentement, d'une solution qui n'a pas été trop concentrée. Les cristaux ordinairement fibreux et groupés en tubercules ou en choufleurs sont indéterminables. Le sucre de raisin est donc obtenu communément sous forme de petites masses demi-globulaires ou mamelonnées, qui sont composées de petites aiguilles, ou plus rarement de lames entrecroisées, qui, montrent des portions de rhombes saillantes. M. de Saussure a reconnu que le glucose provenant de la décomposition spontanée de l'amidon, cristallise d'une dissolution alcoolique en tables carrées ou en cubes. M. Mollerat a obtenu le même résultat avec du sucre d'amidon obtenu en grand par l'acide sulfurique.

Le glucose en poudre, mis sur la langue, offre une saveur à la fois piquante et farineuse qui se change en une saveur faiblement sucrée, et mucilagineuse dès qu'il

commence à se dissoudre. Il en faut deux fois et demie autant que de sucre de canne pour sucrer au même degré le même volume d'eau.

Le glucose entre en fusion à 100° ou un peu au dessous, et perd alors 9 p. 100 de son poids. Fondu, il forme une masse jaunâtre, transparente, qui attire d'abord l'eau atmosphérique et se liquéfie, puis se prend en une masse cristalline grenue quand elle a repris les 9 p. 100 d'eau qu'elle avait perdus. A 140°, il se convertit en caramel et donne les mêmes produits que le sucre de canne, si on pousse la distillation plus loin.

Il est bien moins soluble dans l'eau que le sucre de canne; il exige pour sa dissolution une fois et un tiers son poids d'eau froide, et reste longtemps sans se dissoudre, même quand on le remue ; c'est un obstacle en ce qui concerne quelques uns de ses usages économiques. Il se dissout plus promptement et en toutes proportions dans l'eau bouillante; mais le sirop n'atteint jamais la même consistance que le sirop du sucre de canne, et il n'est pas aussi filant. Ce sirop possède une saveur plus douce que celle du sucre solide. La solution aqueuse du glucose ne s'altère pas seule, mais lorsqu'on y ajoute du ferment, le glucose éprouve immédiatement la fermentation alcoolique.

Il est beaucoup moins soluble dans l'alcool que le sucre de canne. La dissolution, saturée bouillante, cristallise pendant le refroidissement en cristaux irréguliers qui retiennent fortement l'alcool et qui, même après plusieurs années de conservation, peuvent offrir encore une saveur alcoolique très prononcée. Aussi, dans les fabriques de sucre de fécule, quand la fermentation s'établit dans les masses, obtient-on des cristaux qui retiennent obstinément la saveur alcoolique.

Les acides concentrés détruisent le glucose. L'acide nitrique le transforme en acide saccharique et en acide oxalique. Lorsqu'on ajoute du glucose à une dissolution

concentrée d'acide arsénique, elle devient d'abord rouge, ensuite brune.

3550. Le glucose se comporte tout autrement avec les bases salifiables que le sucre de canne; cependant il se combine avec elles et prend alors une saveur amère et faiblement alcaline; mais lorsqu'on emploie un excès de base et qu'on chauffe le mélange seulement jusqu'à 60 ou 70°, la dissolution de glucose devient brune et répand une odeur de sucre brûlé. Si l'on fait usage d'une dissolution d'hydrate de potasse, tout le glucose disparaît bientôt.

*Glucosate de baryte.* Ce corps ne peut s'obtenir qu'à l'abri de l'eau et de l'air; aussi faut-il recourir à l'artifice employé par M. Péligot et dissoudre séparément le sucre et la baryte dans de l'esprit de bois affaibli. On mêle les deux dissolutions en ayant soin de mettre un léger excès de sucre. Il se forme de suite un précipité floconneux, blanc, qu'on jette sur un filtre et qu'on lave avec de l'esprit de bois de plus en plus concentré. On l'exprime enfin et on le porte dans le vide de la machine pneumatique.

Là, on commence la dessiccation à l'aide de la chaux qui s'empare de la totalité de l'eau, et on l'achève avec l'acide sulfurique qui enlève tout l'esprit de bois.

Ce composé supporte sans s'altérer une température de 100°, il jaunit seulement un peu. Plus haut, la matière se boursouffle, noircit, dégage de l'eau et donne divers produits qui seront examinés plus loin.

Il paraît formé, d'après M. Péligot de 2 atomes de glucose pour 3 atomes de baryte, c'est à dire de $C^{48}$ $H^{56}$ $O^{28}$, 3 Ba O.

*Glucosate de chaux.* Ce composé, qui paraît renfermer aussi $C^{48}H^{56}O^{28}$, 3 CaO, ne peut s'obtenir qu'en précipitant par l'alcool une dissolution très récente de chaux éteinte dans le sirop de sucre d'amidon. On le dessèche avec les mêmes précautions que le glucosate de baryte.

*Glucosate de plomb.* Le sucre d'amidon et ses analogues se combinent avec l'oxyde de plomb, quand on a soin de

ne pas faire intervenir l'action de la chaleur. On obtient une combinaison de ces corps en versant dans une dissolution aqueuse de sucre une dissolution d'acétate de plomb ammoniacal. Le précipité qui tend à se former se redissout d'abord pendant un certain temps, puis devient permanent : on a soin de maintenir dans la liqueur un excès de sucre. Le glucosate de plomb insoluble qui a pris naissance est lavé et desséché à la température ordinaire, en prenant les précautions habituelles pour éviter l'absorption de l'acide carbonique de l'air. Quand il ne perd plus d'eau dans le vide sec à froid, on peut le chauffer jusque à 150° dans le vide sans l'altérer. Seulement, de blanc qu'il est quand il se précipite, il devient jaunâtre.

Ce sel renferme $C^{48}\ H^{42}\ O^{21}$, 6 Pb O, d'après les analyses de M. Péligot.

3551. *Glucosate de sel marin.* M. Calloud, pharmacien à Annecy, a fait connaître, le premier, cette singulière combinaison saline qui s'obtient par la simple évaporation d'un sirop fait avec du sucre de diabètes auquel on a ajouté la quantité convenable de sel marin. Le sucre de raisin, celui d'amidon, fournissent le même produit.

On obtient ainsi de gros cristaux rhomboédriques, incolores, transparents, fragiles. L'alcool à 96 centièmes les dissout à peine. Leur saveur est à la fois douce et salée.

D'après l'analyse de M. Péligot, ce composé renferme :

$$C^{48}\ H^{52}\ O^{26},\ Na\ Ch^2;$$

A 100°, il perd, d'après MM. Erdmann et Lehman, 2 atomes d'eau, et devient

$$C^{48}\ H^{48}\ O^{24},\ Na\ Ch^2.$$

A 160°, il perd encore 1 atome d'eau, d'après M. Péligot, et devient

$$C^{48}\ H^{46}\ O^{23},\ Na\ Ch^2;$$

auquel cas 1 atome de sel marin remplacerait 1 atome d'eau.

3552. Tout le monde connaît l'odeur formique si prononcée qu'exhale le sucre brut des colonies. Tout le monde sait combien sont exposées à se colorer les dissolutions sucrées les plus pures qu'on maintient longuement en ébullition au contact de l'air. Les expériences de M. Malaguti vont nous expliquer ces faits et les rattacher à une vue générale.

Elles établissent, en effet, que les acides minéraux ou organiques, même très étendus d'eau, agissent tous de la même façon sur le sucre de canne, qui est transformé plus ou moins promptement en glucose.

En prolongeant l'action, le glucose se convertit à son tour en matière brune. Si l'air intervient, il se produit de l'acide formique; sinon il ne s'en forme pas.

Une fois que le glucose s'est produit, l'action peut même s'exercer à la température ordinaire. Moins il y a d'acide et moins l'action est rapide; mais la durée de l'influence peut remplacer l'effet de la dose d'acide.

La matière brune se compose d'un acide brun et d'une substance neutre brune aussi.

Les expériences sont très faciles à exécuter et très nettes dans leurs principaux résultats. Avec 50 gram. de sucre, 150 d'eau et 4 d'acide nitrique, qu'on fait bouillir dans un matras surmonté d'un long tube en zig-zag où se condensent les vapeurs, on obtient déjà au bout de quinze heures d'ébullition une dissolution d'un rouge foncé. Examinée avec soin, celle-ci présente une matière noirâtre en suspension, qui vue par réflexion montre un mélange de petites paillettes noirâtres miroitantes, et d'une poudre terne. En prolongeant l'expérience pendant quatre-vingts heures, ce dépôt augmente et la liqueur exhale une odeur de fourmi due à la présence de l'acide formique.

Ces phénomènes se produisent tout aussi bien avec l'acide sulfurique. Avec 100 gram. de sucre et 300 gram. d'eau, on obtient un commencement d'action par une ébullition plus ou moins prolongée, selon la dose d'acide.

Avec 0,372 d'acide, l'action se manifeste au bout de 55 heures;
— 2,400 il faut 14 heures 1/2;
— 6,210 il suffit de 9 heures;
— 14,750 l'effet a lieu en 2 heures.

En comparant entre eux les divers acides, M. Malaguti trouve qu'en prenant des quantités telles qu'elles agissent dans le même sens, il faut une partie d'acide sulfurique, hydrochlorique ou nitrique; dix parties d'acide oxalique, tartrique, racémique, citrique, oxalhydrique, seize parties d'acide phosphorique, phosphoreux, arsénique, arsénieux.

Les acides en agissant ainsi sur le sucre n'éprouvent aucune altération. On les retrouve en quantité absolument semblable à celle qu'on avait employée avant cette longue ébullition, ou du moins la perte ne dépasse pas 2 ou 3 p. 100.

Quand cette ébullition prolongée a lieu hors de la présence de l'air, le sucre de canne se change en glucose, puis en matière brune, mais il ne se développe pas d'acide formique; avec le concours de l'air, il s'en forme beaucoup.

En effet, avec 40 grammes de sucre, 120 d'eau distillée, 2 d'acide sulfurique et par une ébullition de quatre-vingt-quatre heures, on obtient, tout compte fait :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Acide formique. | 4,473 | | |
| Matière brune.. | 13,011 | | |
| Glucose anhydre | 20,000 | | |
| | 37,484 | Sucre candi employé | 40,000. |

La matière brune se compose d'un acide qui ressemble beaucoup à l'acide ulmique, mais qui est insoluble dans l'alcool, et d'un produit non acide, insoluble dans les alcalis. Ce dernier est brun comme l'acide avec lequel M. Malaguti le croit isomère, ce qui n'est pas démontré, la formule de ces deux corps n'étant pas suffisamment établie.

M. Malaguti admet, d'après sa propre analyse, que tout

le carbone du sucre disparu se retrouve dans l'acide formique, l'acide brun et la matière brune neutre qu'il appelle *ulmin*.

Un fait très remarquable digne d'être étudié avec plus de développement, c'est que le sucre, maintenu à l'ébullition pendant longtemps avec une faible dissolution de potasse, donne également, d'après M. Malaguti, un sel brun et du formiate de potasse, toute la potasse libre en étant saturée peu à peu.

Un autre fait non moins digne d'attention se trouve dans l'expérience suivante : que l'on mette dans une bassine 10 parties de sucre, 30 d'eau et 1 d'acide sulfurique et qu'on fasse bouillir, on verra au bout de trois quarts d'heure se former une écume composée d'acide brun. Si on l'enlève, elle est rapidement remplacée par une nouvelle; celle-ci par une troisième et ainsi de suite. En quelques heures on obtient une grande quantité d'acide brun, et il suffit de le dissoudre dans l'ammoniaque, qui laisse l'ulmin, pour l'avoir pur. Cette destruction du sucre est si rapide, que M. Malaguti regarde ce procédé comme le meilleur pour se procurer l'acide brun dont il s'agit, et qu'il croyait identique avec l'acide ulmique.

3553. Le glucose réduit promptement l'acétate de cuivre en dissolution bouillante, sans dégagement de gaz; une grande partie de l'acide acétique distille. Le sucre de canne, le sucre d'amidon, le sucre de lait, la mélasse, le miel, agissent de la même manière. Il se dépose du protoxyde de cuivre cristallisé, et il reste une dissolution brune qui n'a pas été suffisamment étudiée et qui retient du sucre et du cuivre.

Avec le sulfate de cuivre, le sucre donne du cuivre réduit.

Avec le nitrate de cuivre, rien.

Avec le chlorure de cuivre, il se forme du protochlorure qui se dépose en partie.

Le peroxyde de mercure est ramené à l'état métallique par une dissolution bouillante de sucre;

Le nitrate de protoxyde de mercure en dissolution bouillante est subitement réduit par le sucre qui en dépose du mercure très divisé.

De même le protochlorure de mercure très divisé, obtenu par la vapeur, fournit une poudre grisâtre qui renferme évidemment du mercure libre.

Avec le sublimé corrosif et une dissolution bouillante de sucre, il se dépose immédiatement du calomel.

L'acétate de deutoxyde de mercure passe à l'état d'acétate de protoxyde dans les mêmes circonstances.

Le nitrate d'argent ne donne rien à froid et dans l'obscurité; mais à l'aide de l'ébullition ou bien sous l'influence de la lumière, il se produit un précipité d'argent très divisé.

Le chlorure d'or mêlé à une dissolution froide de sucre demeure sans effet; mais à peine la liqueur est-elle portée à l'ébullition qu'on obtient une précipitation subite d'or très divisé.

3554. On peut extraire le glucose des raisins mûrs, du miel, des raisins secs, de l'urine des diabétiques, etc.; on l'obtient aussi par la transformation de plusieurs autres substances organiques, telles que le sucre de canne, l'amidon, le ligneux, le sucre de lait, etc.

Le miel contient deux espèces de sucre, dont l'un cristallisable, c'est le glucose. L'autre au contraire ne cristallise pas et a beaucoup de rapport avec la mélasse du sucre de canne. On sépare ces deux espèces de sucre au moyen de l'alcool, qui ne dissout à froid qu'une petite quantité du sucre cristallisé, et qui s'empare du sucre incristallisable. On lave le résidu à l'alcool, on l'exprime, on le dissout dans l'eau et on le traite par le charbon animal et le blanc d'œuf. En évaporant la liqueur, le glucose cristallise en une masse grenue.

Pour extraire le glucose des raisins secs, on suit exactement le même procédé. On traite les raisins pilés par l'alcool froid, pour enlever tout le sucre incristallisable; le résidu, fortement exprimé, est repris par l'eau. Le li-

quide aqueux est saturé par la craie, clarifié, évaporé, puis abandonné à lui-même jusqu'à cristallisation.

Pour retirer le glucose de l'urine des diabétiques, on la fait évaporer et on la laisse cristalliser. Les cristaux sont lavés à l'alcool froid, puis redissous dans l'eau et soumis à une nouvelle cristallisation.

Pour convertir le sucre de lait en glucose, on ajoute 2 parties d'acide sulfurique à 100 parties de sucre de lait dissoutes dans 400 parties d'eau ; le mélange est soumis pendant trois ou quatre heures à une température de 90° à 95° centig. On sature ensuite l'acide sulfurique par la chaux ou par la baryte, on filtre et on évapore jusqu'à consistance sirupeuse.

M. Braconnot, qui le premier a obtenu le sucre de raisin au moyen du ligneux, prend 12 parties de chiffons de linge ou de papier coupé en petits morceaux et les mélange intimement et peu à peu avec 17 parties d'acide sulfurique concentré. Il importe surtout d'éviter l'élévation de la température. Après deux jours de repos, on dissout la masse dans une grande quantité d'eau, et on la fait bouillir pendant huit à dix heures, puis on sature la liqueur par la craie; on filtre, et après avoir évaporé jusqu'à consistance sirupeuse, on abandonne le résidu à la cristallisation.

3555. On peut obtenir le glucose en grand, au moyen de la fécule, par deux procédés bien distincts. L'un consiste dans l'emploi de la diastase ou de l'orge germé, c'est celui qui donne les produits les plus purs et les plus agréables au goût, mais il est confiné dans quelques brasseries, et nous l'indiquerons en traitant de la préparation de la bière. L'autre procédé, plus expéditif, et dont l'agent principal, l'acide sulfurique, se trouve en tous lieux dans les contrées industrielles, est aujourd'hui le plus généralement en usage. Nous allons le décrire ici.

Les opérations principales sont au nombre de six :

1° *saccharification*, 2° *saturation*, 3° *dépôt*, 4° *évaporation*, 5° *filtration*, et 6° *concentration*.

La saccharification consiste à désagréger rapidement la fécule et à la convertir en dextrine, puis en glucose, en présence de l'eau aiguisée d'acide sulfurique et chauffée de 100 à 104°. Pour que cette réaction soit facile et économique, il faut maintenir la température constamment entre les limites énoncées et ajouter la fécule peu à peu sans interrompre l'ébullition, de façon à suivre exactement la liquéfaction sans jamais la dépasser. On évite ainsi la formation de l'empois qui, diminuant beaucoup la mobilité du mélange, ralentirait la réaction.

Voici comment on parvient à réunir les conditions favorables : dans une grande et forte cuve couverte, ayant une contenance de 25 hectolitres, si l'on veut traiter 500 kilogrammes de fécule, et chauffée directement par la vapeur, on verse 1,000 kilogrammes d'eau, puis 10 kilogr. d'acide sulfurique en agitant le mélange.

On fait aussitôt arriver la vapeur, jusqu'au fond, sous une pression telle qu'elle puisse aisément soulever la colonne de liquide; dès que la température est arrivée au point de l'ébullition, on fait écouler en un filet continu la fécule délayée dans environ 500 litres d'eau tiède (de 45 à 55°) et tenue en mouvement par un agitateur.

Au fur et à mesure que la fécule entre dans la cuve, la conversion en dextrine s'opère et la fluidité doit se maintenir. Au bout de deux heures et demie environ, toute la fécule est versée, et quinze à vingt-cinq minutes après, la saccharification est terminée. On peut s'en assurer à la transparence du liquide ou bien en laissant refroidir quelques gouttes de celui-ci sur une soucoupe, et s'assurant que l'iode n'y accuse plus la présence de la substance amylacée.

On arrête alors l'introduction de la vapeur, on soutire tout le liquide dans une deuxième cuve, et l'on peut recommencer une saccharification.

On procède à la saturation de l'acide sulfurique contenu dans le liquide en y projetant par petites quantités, d'environ 1 kilogr. à la fois, 10 à 12 kilogr. de craie. L'effervescence vive qui se produit par suite du dégagement de l'acide carbonique exposerait à quelques dangers, si l'on se hâtait trop d'ajouter le carbonate de chaux. On s'assure d'ailleurs, soit par la cessation de toute effervescence lors de la dernière addition de craie, soit à l'aide du papier de tournesol, que tout l'acide sulfurique est saturé.

On laisse déposer le sulfate de chaux formé, puis on soutire au clair le liquide surnageant pour le faire rapidement évaporer jusque à environ 30° Baumé. Quant au sulfate de chaux déposé, on le transporte sur un filtre recouvert d'une toile où il s'égoutte. On l'épure ensuite par quelques portions d'eau, du liquide sucré qu'il retient entre ses parties.

Le sirop rapproché à 30 ou 32° est mis en repos dans un réservoir, où il dépose le sulfate de chaux précipité durant l'évaporation.

On soutire, et l'on peut vendre le sirop clair, en cet état, pour servir à préparer l'alcool, les bières colorées, ou quelques boissons communes; mais pour les bières blanches et la plupart des autres usages, il convient de décolorer le sirop de fécule : à cet effet on le fait passer encore chaud sur des filtres à noir animal en grains, du système de M. Dumont, qui achèvent de l'épurer en améliorant son goût.

Lorsqu'on se propose d'expédier au loin le glucose, il reste encore une opération à faire. Elle consiste à concentrer le sirop jusqu'à 45° dans une chaudière chauffée par la vapeur; il importe beaucoup que cette dernière évaporation ait lieu très rapidement afin d'éviter que le produit ne s'altère en prenant une teinte jaune très défavorable à la vente. Le liquide concentré est versé dans des cristallisoirs plats où il se prend en masse, on concasse celle-ci pour l'embariller en tonneaux.

Lorsque la saccharification de la fécule est complète et

que l'acide sulfurique est saturé par la craie, on peut obtenir à volonté par les procédés ci-dessus décrits le sirop à 30° ou le sucre de fécule pris en masse.

Un troisième produit récemment mis dans le commerce est actuellement préparé en grand à l'aide des moyens suivants imaginés par M. Fouschard, et qui sont l'objet d'un brevet d'invention.

On fait couler le sirop saturé sur des filtres à noir en grains, de façon à ramener sa nuance à la décoloration d'une belle clairce de sucre terré; le liquide filtré est rapproché vivement dans une chaudière garnie d'une grille en tubes de cuivre chauffés par la vapeur à 3 ou 4 atmosphères (système Taylor et Martineau). L'évaporation doit être poussée jusqu'à donner au sirop une densité de 30° Baumé, la température étant de 100 à 103° centésimaux. On le fait couler alors dans des réservoirs où la plus grande partie des sels calcaires précipités se déposent. Dès que la température est abaissée de 20 à 22°, on décante le sirop clair, et on en remplit des tonneaux ordinaires à vin blanc posés debout sur des chantiers, ou mieux sur les traverses d'un bâti élevées seulement de 30 centimètres. Le fond supérieur des tonneaux est enlevé, et le fond inférieur est percé de 15 à 18 trous bouchés par autant de fossets en bois.

Au bout de huit à dix jours les cristaux de glucose se présentent sous forme de petites agglomérations disséminées dans le sirop; cette granulation augmente, et dès qu'elle occupe la plus grande partie de la masse, jusqu'à quelques centimètres de la superficie, on essaie de retirer un ou deux fossets, puis tous les autres si la *mélasse* peut s'écouler sans entraîner les molles agglomérations de cristaux. Si la cristallisation était tellement serrée que l'égouttage ne pût pas s'effectuer spontanément, on délayerait la mélasse avec une petite quantité d'eau.

Lorsque l'égouttage paraît terminé, on le rend plus complet en inclinant tous les tonneaux les uns sur les autres, et jusqu'à 45 degrés.

Le glucose en grains est alors beaucoup trop humide pour être livré aux consommateurs; sa dessiccation présentait de graves difficultés, car on avait à redouter les effets de l'air atmosphérique humide qui le fait couler, et ceux de la chaleur des étuves qui l'amollit et le fait prendre en masse. M. Fouschard est parvenu à lever ces obstacles, en garnissant ses étuves à glucose d'épaisses tablettes en plâtre; la qualité absorbante de ces tablettes s'oppose à l'accumulation du sirop qui s'infiltre dans leur épaisseur, tandis que le courant d'air légèrement chauffé (à 25° environ) dissipe l'humidité des cristaux.

Il se fait cependant toujours quelques volumineuses agglomérations; on les sépare à l'aide d'un crible, puis on broye les *grabauts* entre des cylindres pour les cribler à leur tour.

Le glucose pulvérulent est alors livrable au commerce; on l'embarille dans des tonneaux propres et secs, bien cerclés; sous cette forme, il est d'un emploi beaucoup plus commode et d'un dosage bien plus facile que lorsqu'il est à l'état sirupeux ou bien qu'il est pris en masses tellement dures qu'il faut le casser à coups de marteau ou de hache.

Pendant toutes les opérations précitées, et surtout au moment de la transformation de la fécule en sucre par l'acide sulfurique, il se dégage une assez forte odeur due à l'huile spéciale des pommes de terre. Cette odeur désagréable, augmentée par l'action de l'acide sulfurique, a souvent excité des plaintes parmi les habitants du voisinage des fabriques. Il est heureusement possible d'éviter ces graves inconvénients, comme l'a proposé M. Chaussenot, en condensant la vapeur dans un serpentin, utilisant sa chaleur pour l'évaporation du sirop, et dirigeant les produits condensés et infects dans des puisards ou cours d'eau. Les gaz et vapeurs non condensés, conduits sous le foyer du générateur, sont brûlés en partie en passant au travers du combustible, ou se disséminent à une grande hauteur dans l'atmosphère en sortant de la cheminée.

Les sirops obtenus à l'aide de la diastase ne développent et ne retiennent pas une semblable odeur.

### ACIDE SULFOGLUCIQUE. (Péligot.)

3556. Quand on broye du glucose bien pur avec de l'acide sulfurique concentré, la matière se dissout sans se colorer. On peut même, pour préparer le produit qui en résulte, opérer sur du sucre d'amidon amené à fusion par la chaleur, pourvu qu'on ait soin d'y ajouter l'acide sulfurique peu à peu. Si on refroidit au besoin, quand la réaction menace de devenir trop vive, on obtiendra en définitive un produit acide à peu près incolore.

Dissous dans l'eau et saturé par la craie, il donne du sulfate de chaux qui se dépose et un sel soluble. En ajoutant à la liqueur filtrée de l'acétate de baryte, on obtient du sulfate de baryte qui se dépose, et il reste une dissolution pure d'un sel formé par le nouvel acide.

Enfin, cette dissolution elle-même, précipitée par du sous-acétate de plomb, donne un précipité blanc où le nouvel acide se trouve combiné à l'oxyde de plomb.

Le sel qui en résulte est à peu près formé de $C^{48}H^{40}O^{20}$, $SO^3$, PbO.

M. Péligot, à qui est due la découverte de ce nouveau corps, est demeuré dans le doute sur sa véritable constitution. Nous y reviendrons ailleurs.

### ACIDE GLUCIQUE. (Péligot.)

3557. Quand on dissout le glucose dans l'eau et qu'on y ajoute du lait de chaux ou de la chaux éteinte, on en dissout aisément un cinquième du poids du sucre employé. La dissolution est d'abord alcaline. Mais si on l'abandonne à elle-même, elle devient neutre peu à peu. L'acide carbonique ne précipite plus la chaux qu'il séparait très facilement d'abord du liquide. Si on sépare alors la chaux au moyen de l'acide oxalique, on obtient un liquide qui renferme l'acide glucique.

Pour l'obtenir plus pur et exempt de sucre, mieux vaut précipiter d'abord la liqueur, par le sous-acétate de plomb, recueillir le glucate de plomb et le traiter ensuite par l'hydrogène sulfuré qui met l'acide glucique en liberté.

Cet acide est très soluble dans l'eau. Desséché dans le vide, il fournit une masse qui possède l'aspect du tannin; à l'état sec, il attire fortement l'humidité de l'air. Au dessus de 100°, il se décompose, laisse dégager beaucoup d'eau et brunit fortement. Sa saveur acide est très franche, et les sels qu'il forme avec les alcalis sont neutres au papier. Tous ces sels sont solubles, à l'exception du sel de plomb.

Celui-ci paraît formé de $C^{24}H^{16}O^{8}$, 3 PbO. Ce qui représenterait un acide formé par du sucre de raisin ayant perdu $4H^{2}O$.

Si on mêle une dissolution chaude et saturée d'hydrate de baryte avec du sucre d'amidon fondu à 100° dans son eau de cristallisation, une réaction des plus vives ne tarde pas à se manifester. La température de la masse s'élève assez pour qu'une partie du mélange soit souvent projetée hors du vase, par suite du développement subit d'une grande quantité de vapeur d'eau. La potasse et la soude produisent toujours cet effet.

Le produit de la réaction prend une teinte brune qui devient très intense si la température se maintient élevée. En arrêtant l'opération, dès le premier moment, on obtient beaucoup d'acide glucique, facile à extraire, même quand la dissolution est brune, car le sous-acétate de plomb ajouté peu à peu précipite la matière colorante avant de précipiter l'acide glucique lui-même.

Mais si on prolonge l'action de la chaleur de manière à développer la teinte noire du mélange, on trouve que la dissolution brune renferme un nouvel acide. Rendue neutre, en effet, elle précipite non seulement par le sous-acétate de plomb, mais par l'acétate neutre et le nitrate de plomb.

Le sulfate de cuivre y fait aussi naître un précipité brun abondant.

L'acide chlorhydrique en excès y produit un dépôt noir, floconneux, analogue à l'acide ulmique.

D'après l'analyse de M. Péligot, cet acide serait formé de $C^{24} H^{10} O^{5}$, ou plutôt $C^{48} H^{20} O^{10}$, car le sel d'argent se rapproche de $C^{48} H^{18} O^{9}$, Ag O.

ACIDE MÉLASIQUE. (Péligot.)

3558. Si on fait dissoudre du sucre d'amidon à 100°, qu'on y ajoute une dissolution saturée d'eau de baryte, la réaction très active projettera une partie de la matière hors du vase. Le produit prendra bientôt une teinte brune très intense, si on maintient la température élevée pendant quelque temps. L'oxygène de l'air intervient sans doute.

En dissolvant le résidu dans l'eau et versant un acide dans cette dissolution, on obtient un dépôt noir floconneux, semblable à l'acide ulmique et très soluble dans l'alcool concentré.

La dissolution barytique neutralisée par un acide donne des précipités bruns avec l'acétate et le sous-acétate de plomb, avec l'azotate de plomb, le sulfate de cuivre, etc.

L'acide brun, que j'appelle mélasique, offre donc les plus grands rapports avec l'acide ulmique. Cependant M. Péligot y a trouvé :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 62,5 |
| Hydrogène..... | 5,4 |
| Oxygène..... | 32,1 |
| | 100,0 |

Ce qui conduirait à la formule $C^{48} H^{24} O^{10}$.

Outre ce produit brun, il se forme pendant la réaction une substance très propre à réduire les sels d'argent et non volatiles; tout indiquerait qu'elle n'est autre chose que l'acide oxalhydrique ou saccharique.

### ACIDE CARAMÉLIQUE. (Péligot.)

3559. Le sucre, quelle que soit son origine, entre en fusion, puis se décompose lorsqu'on l'expose à l'action de la chaleur. Le sucre ordinaire et le glucose présentent, dans cette circonstance, des différences marquées.

Le sucre de cannes ne fond qu'à la température de 180° cent., et ce n'est que vers 200° qu'il commence à perdre de l'eau en subissant une altération profonde. Le glucose fond avant la température de 100°; il perd 9 p. 100 d'eau, sans que sa constitution soit changée; c'est alors seulement qu'en continuant à élever la température, il brunit et se décompose.

Nous allons voir que les produits de cette décomposition sont simples et parfaitement en rapport avec la nature propre des matières sucrées.

On croyait autrefois qu'en chauffant du sucre dans un appareil distillatoire, on obtenait toujours de l'eau, de l'acide acétique, des matières huileuses, de l'acide carbonique, des hydrogènes carbonés, etc., et enfin un abondant résidu de charbon.

Tels sont en effet les produits de la décomposition des sucres soumis sans précaution à l'action décomposante de la chaleur; mais les résultats prennent un tout autre aspect, lorsqu'au lieu d'employer cet agent d'une manière irrégulière, on l'applique graduellement, en s'arrêtant à un certain point, de façon à soustraire à son influence les produits qui tendent d'abord à se former.

Nous avons dit qu'en chauffant le sucre ordinaire à 180° il entrait en fusion : à cet état il n'est pas altéré, et il forme un liquide visqueux, incolore; mais pour peu qu'on dépasse cette température, il brunit, perd de l'eau aux dépens de sa constitution, qui se trouve alors profondément modifiée. Abandonné dans cet état à l'air humide, il absorbe plus

d'eau qu'il n'en a perdu, et il devient déliquescent; traité par les alcalis, il se colore fortement sous leur influence, comme le fait le sucre d'amidon lui-même.

Si on porte la température à 210 ou 220° cent., et si on y maintient le sucre en ayant soin de ne pas dépasser cette température, ce qui s'obtient facilement au moyen du bain d'huile, on voit le sucre se boursouffler, et une réaction vive et comme spontanée se produire au sein de ses éléments; le sucre prend alors une teinte brune qui devient bientôt de plus en plus foncée. Il ne se dégage pas la plus petite quantité de produits gazeux permanents; mais il se forme beaucoup de vapeur d'eau, et cette eau condensée renferme des traces d'acide acétique et une matière huileuse qui exhale l'odeur particulière au sucre brûlé.

Quand le boursoufflement a cessé, on trouve dans la cornue un produit noir, ayant l'aspect brillant de l'anthracite. Ce produit est entièrement soluble dans l'eau et la dissolution qui présente une riche teinte de sépia, n'a plus rien de la saveur douce du sucre. Elle est tout à fait insipide comme la gomme arabique elle-même. Sous l'influence du ferment, elle ne manifeste aucun signe de fermentation. Tels sont les caractères distinctifs de ce produit à l'état de pureté et si l'on n'arrive pas à l'obtenir immédiatement à cet état, on y parvient toujours en dissolvant la matière qui reste dans la cornue dans une très petite quantité d'eau, et la précipitant par l'alcool. S'il reste du sucre, l'alcool le retient, ainsi qu'un produit accidentel qui possède l'amertume particulière au sucre brûlé. La matière principale étant insoluble dans l'alcool, se trouve précipitée.

Cette substance, présentant par sa préparation et sa couleur quelque analogie avec le caramel du commerce, qui en renferme en effet beaucoup, M. Péligot à qui nous avons emprunté ces détails, l'a désignée sous le nom de *caramel* ou acide caramélique.

Le caramel, desséché à la température de 180°, offre une composition constante; son analyse ne se fait d'ailleurs qu'avec de très grandes difficultés; comme il ne fond pas, il tend à laisser un résidu de charbon d'une combustion fort pénible.

Il se compose de :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{48}$..... | 1800 ..... | 47,0 |
| $H^{36}$..... | 225 ..... | 5,9 |
| $O^{18}$..... | 1800 ..... | 47,1 |
| | 3825 ..... | 100,0 |

Les sucres d'amidon, de diabète et de raisin, soumis dans les mêmes circonstances à l'action de la chaleur, se transforment en un produit identique avec le caramel obtenu au moyen du sucre ordinaire; seulement, il y a dégagement d'une plus grande quantité d'eau, et l'opération devient un peu plus difficile à conduire à cause du bouillonnement considérable qui se manifeste lors de la décomposition.

Le caramel joue le rôle d'un acide faible; il précipite très abondamment l'acétate de plomb ammoniacal; il forme avec l'eau de baryte un précipité brun, volumineux, qui ne se dissout, pas même dans l'eau chaude.

Il arrive, quelquefois, que, dans la préparation du caramel, on outrepasse ou on prolonge trop l'action de la chaleur; alors, ce corps se décompose à son tour, en perdant seulement une nouvelle quantité d'eau. Le produit qui reste n'est pas soluble et peut facilement être séparé du caramel lui-même. Ce produit renferme encore l'hydrogène et l'oxygène dans les mêmes rapports que l'eau. Si, enfin, on continue l'action de la chaleur, la température finit par s'élever assez pour que les éléments combustibles réagissent entre eux, et on a alors la décomposition finale, qui avait seule été observée par les anciens chimistes.

## Lactose ou *Sucre de lait.*

3560. Cette substance se rencontre à l'état de dissolution dans le lait des mammifères. On l'en extrait en le traitant par l'acide sulfurique affaibli qui forme avec le caséum une combinaison insoluble qui se précipite, et évaporant le petit lait jusqu'à cristallisation. En traitant le produit brut par du charbon animal et lui faisant subir plusieurs cristallisations, on obtient le sucre de lait, à l'état de pureté parfaite.

Cette substance possède la composition suivante :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{48}$..... | 1834,44..... | 40,46. |
| $H^{48}$..... | 299,51..... | 6,61. |
| $O^{24}$..... | 2400,00..... | 52,93. |
| | 4533,95. | 100,00. |

Le sucre de lait cristallise de ses dissolutions aqueuses sous la forme de parallélipipèdes, terminés par une pyramide quadrangulaire; ils sont blancs, demi-transparents, durs, craquent sous la dent et présentent une texture feuilletée; ils se dissolvent dans 5 à 6 parties d'eau froide, et dans 2 parties et demie seulement à la température de l'ébullition. Cette matière possède une saveur fraîche et très faiblement sucrée.

Quand on chauffe doucement les cristaux de sucre de lait jusqu'à 140°, ils perdent 2 atomes d'eau sans entrer en fusion; mais si on les chauffe rapidement, ils perdent 5 atomes d'eau; à 150°, la matière qui est en fusion commence à jaunir; à une température plus élevée, le sucre de lait se décompose. D'après cela, la composition du sucre de lait peut se représenter par la formule

$$C^{48} H^{38} O^{19} + 5 H^2 O.$$

Le sucre de lait est inaltérable à l'air; il est insoluble dans l'alcool et l'éther; il se dissout mieux dans les liqueurs

alcalines ou acides que dans l'eau pure ; il ne précipite pas les dissolutions métalliques.

Les acides minéraux étendus, tels que les acides chlorhydrique et sulfurique, convertissent rapidement le sucre de lait en sucre de raisin, à la température de l'ébullition. Les acides minéraux concentrés donnent naissance, par leur réaction sur cette matière, à de l'acide ulmique. Trituré avec de l'hydrate de chaux et de l'eau, le sucre de lait se dissout avec production de chaleur et forme une liqueur brune d'où l'alcool précipite un sirop amer et épais, qui donne des précipités avec les dissolutions métalliques ; l'alcool retient de l'acétate en dissolution.

A l'aide de la chaleur, l'acide nitrique le convertit en acides mucique et oxalique.

Les oxydes métalliques facilement réductibles ou qui peuvent être ramenés à un degré inférieur d'oxygénation peuvent le transformer en acide formique.

La présence du sucre de lait dans les dissolutions métalliques empêche la précipitation de plusieurs oxydes par les alcalis, comme celle du sucre de cannes.

Il colore en rouge-brique la dissolution aqueuse d'acide arsénique.

Réduit en poudre, le sucre de lait absorbe le gaz ammoniac et le gaz chlorhydrique. Il forme plusieurs combinaisons avec l'oxyde de plomb.

Lorsqu'on expose du lait à une température de 35 à 60°, il éprouve la fermentation alcoolique. Il paraît qu'avant d'entrer en fermentation, il se transforme en sucre de raisin, car le lait ne commence à fermenter qu'à partir du moment où il s'est caillé, et où par conséquent il s'est produit un acide qui a pu opérer cette transformation. D'après les observations curieuses de MM. Frémy et Boutron, lorsque le caséum a éprouvé une altération, il peut transformer le sucre de lait en acide lactique.

Le sucre de lait est employé en médecine. On s'en sert

quelquefois pour falsifier la cassonnade. La fraude est facile à reconnaître en traitant le mélange par de l'alcool à 33°, qui ne dissout que le sucre; en traitant le résidu par de l'acide nitrique, à chaud, on doit obtenir de l'acide mucique.

## CHAPITRE IV.

### MANNITE. — GOMMES. — MUCILAGE.

Nous placerons ici, comme annexes des sucres, plusieurs corps qui s'en rapprochent à certains égards.

La mannite, qui par sa saveur sucrée et peut-être aussi par sa production paraît liée à quelques unes des modifications du sucre;

Les gommes et les mucilages, qui paraissent doués d'une composition très voisine de celle du sucre, sinon identique avec elle.

Ces divers corps réclament d'ailleurs un examen nouveau et plus complet, seul moyen de les mettre à leur véritable place dans un système général de chimie organique.

### MANNITE.

3561. Cette substance se rencontre dans différentes plantes, particulièrement dans le jus sucré qu'on extrait du fraxinus rotundifolia, espèce de frêne qui croît dans l'Europe méridionale. On la trouve encore dans les sucs exsudés par plusieurs cerisiers et pommiers, dans différentes espèces de champignons, dans le suc des ognons, le céleri, les asperges, dans l'aubier de plusieurs espèces de pinus et particulièrement du larix. La mannite se forme en outre dans des sucs végétaux sucrés où elle ne préexiste pas, lorsqu'ils subissent la fermentation désignée sous le

nom de fermentation visqueuse; on l'obtient aussi, d'après M. Frémy, comme un des produits de la transformation de l'amidon en sucre de raisin, par l'ébullition avec l'acide sulfurique étendu.

La matière qu'on emploie de préférence pour la préparation de la mannite est la manne, substance qu'on emploie en médecine à cause de ses propriétés purgatives. Dans cette préparation, on met à profit la facilité avec laquelle la mannite cristallise dans l'alcool. A cet effet on traite la manne par de l'alcool bouillant; celui-ci laisse déposer la mannite presque en totalité par le refroidissement sous la forme de petites aiguilles quadrilatères incolores. Quelques cristallisations successives suffisent pour l'obtenir à l'état de pureté parfaite.

Pour retirer la mannite du suc de betteraves fermenté, on évapore ce dernier jusqu'en consistance sirupeuse, quand la fermentation visqueuse est terminée, et on le mêle avec un volume égal d'alcool bouillant. Il se sépare alors un mucilage épais et visqueux, et l'alcool fournit, par l'évaporation, la mannite en cristaux fortement colorés; à l'aide de plusieurs cristallisations on peut la purifier complètement. On suivrait une méthode entièrement semblable pour la retirer du jus des ognons. On peut au contraire l'obtenir directement du suc de la racine de céleri, qui n'en fournit pas moins de 7 pour 100.

De quelque substance que la mannite ait été extraite, elle possède les propriétés suivantes : cristallisée dans l'alcool, elle se présente sous la forme de prismes quadrangulaires, anhydres, minces, incolores, transparents et doués d'un éclat soyeux; elle cristallise dans l'eau en prismes très volumineux et qui sont également anhydres. Elle possède une saveur légèrement sucrée, elle est très soluble dans l'eau; l'alcool en dissout peu à froid et beaucoup à chaud. Mise en présence du ferment, la dissolution aqueuse de mannite n'entre pas en fermentation. Elle fond par

l'action de la chaleur sans perdre de son poids, et se réduit en un liquide incolore qui se prend par le refroidissement en une masse cristalline; sous l'influence d'une température plus élevée, elle se décompose en fournissant les mêmes produits que le sucre de canne.

L'acide nitrique la convertit en acides saccharique et oxalique sans donner la moindre trace d'acide mucique. Le permanganate de potasse la transforme en oxalate de potasse. L'acide arsénique, en dissolution concentrée, lui communique une couleur rouge brique. La dissolution aqueuse de mannite dissout l'oxyde de plomb; le liquide qui en résulte est précipité par l'ammoniaque.

La mannite possède la composition suivante :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $C^{12}$..... | 458,61 | ..... | 40,02 |
| $H^{14}$..... | 87,36 | ..... | 7,62 |
| $O^{6}$..... | 600,00 | ..... | 52,36 |
| | 1145,97 | | 100,00 |

## GOMMES.

On a confondu sous cette dénomination générale un grand nombre de corps doués de propriétés chimiques essentiellement différentes, et n'ayant de commun que les deux caractères suivants, savoir : de former avec l'eau un liquide épais, mucilagineux et d'être précipités de cette dissolution par l'alcool.

M. Guérin Varry ne regarde comme de véritables gommes que les espèces qui sont transformées en acide mucique par l'acide nitrique, et il divise les gommes, qui satisfont à cette condition, en trois classes, savoir : en arabine, qui constitue la presque totalité de la gomme arabique; en bassorine, qui forme la majeure partie de la gomme adragante; et en cérasine, qui se trouve dans la gomme du cerisier et que l'eau chaude convertit en arabine.

3562. *Gomme de la première classe.* Nous plaçons ici la gomme arabique, qui découle de l'acacia vera et de l'acacia arabica, et la gomme de Sénégal, qui provient de l'acacia Sénégal. Ces deux gommes sont identiques et sont caractérisées par l'arabine qu'elles renferment et qui en constitue la presque totalité. A l'état sec, cette gomme contient 17 pour 100 d'eau qu'on peut séparer en exposant la gomme réduite en poudre à une température de 100°.

La gomme arabique se combine avec quelques sels. Avec le sulfate de peroxyde de fer, elle donne une combinaison qui se présente sous la forme d'un coagulum de couleur orange, insoluble dans l'eau froide, soluble dans l'acide acétique, et en général dans les acides libres, ainsi que dans la potasse caustique. La dissolution de 1 partie de gomme dans 100 parties d'eau donne, vingt-quatre heures après avoir été mêlée avec du sulfate de peroxyde de fer, un précipité jaune. Si l'on mêle une dissolution concentrée de gomme avec du chlorure de fer, il se forme une gelée brune translucide, qui est peu soluble dans l'eau et qui brunit par la dessiccation. Une dissolution de perchlorure de fer étendue jusqu'à disparition de la couleur, devient jaune quand on y ajoute de la gomme, et donne au bout de quelque temps un précipité blanc, insoluble dans l'acide nitrique. Aucune autre espèce de gomme ne présente ces réactions avec les sels de fer. Le protonitrate de mercure donne avec la dissolution de gomme un précipité blanc.

La gomme se combine avec l'oxyde de plomb; cette combinaison se fait directement par l'intermède de l'eau; on peut aussi l'obtenir en mêlant une dissolution de gomme avec du sous-acétate ou du sous-nitrate de plomb, ou bien en versant du nitrate de plomb dans une solution mixte de gomme et d'ammoniaque, jusqu'à ce que toute l'ammoniaque soit saturée, sans que la totalité de la gomme soit précipitée. La masse est caséiforme; après la dessiccation elle est blanche et facile à réduire en poudre.

L'eau la dissout lentement, mais complètement et en toutes proportions ; la dissolution s'effectue plus facilement à chaud qu'à froid ; elle est mucilagineuse, insipide et inodore ; sa viscosité empêche des corps très divisés de s'en déposer; c'est pour cette raison qu'on en ajoute à l'encre afin de retenir le gallate de fer en suspension.

La gomme arabique n'est dissoute ni par l'alcool, ni par l'éther ; l'alcool la précipite de sa dissolution aqueuse. La gomme ne se dissout pas mieux dans les acides étendus que dans l'eau; sous l'influence de la chaleur ceux-ci la modifient. Par l'ébullition avec de l'acide sulfurique étendu il se produit du sucre de raisin. L'acide nitrique décompose la gomme, à l'aide d'une douce chaleur, il se dégage des vapeurs rutilantes, et par le refroidissement la liqueur dépose de l'acide mucique; par une digestion prolongée on obtient de l'acide oxalique.

D'après MM. Biot et Persoz, en dissolvant 8 parties de gomme arabique dans 17 1/2 parties d'eau chaude, mêlant la dissolution avec 2 parties d'acide sulfurique, et portant le mélange à une température voisine de son point d'ébullition; on la transforme en une autre espèce de gomme analogue à la dextrine qu'on obtient en soumettant l'amidon au même traitement.

La gomme arabique possède la composition suivante :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{24}$..... | 917,22..... | 42,58 |
| $H^{22}$..... | 137,28..... | 6,37 |
| $O^{11}$..... | 1100,00..... | 51,05 |
| | 2154,50 | 100,00 |

3563. *Gomme de la seconde classe.* Gomme de cerisier. Elle découle en été du cerisier et du prunier ; elle ressemble à la gomme arabique par ses caractères extérieurs, mais elle en diffère par ses propriétés. Traitée par l'eau, elle ne se dissout qu'en partie, et sa dissolution ne présente pas

autant de viscosité que celle de la gomme arabique. Elle n'est pas coagulée par le sulfate de peroxyde de fer; elle ne trouble pas la dissolution de silicate de potasse, ni celle de protonitrate de mercure, mais elle forme un précipité gélatineux avec le chlorure d'étain.

La gomme de cerisier renferme environ 52 pour cent d'arabine et 35 pour cent d'une gomme d'une espèce particulière que M. Guérin désigne sous le nom de cérasine. Soumise à une ébullition prolongée, cette matière finit par se convertir entièrement en arabine. Sous l'influence de l'acide sulfurique étendu et bouillant, la cérasine se convertit en sucre de raisin. Avec l'acide nitrique, elle donne des acides mucique et oxalique.

La cérasine possède la même composition en centièmes que l'arabine.

3564. *Gommes de la troisième classe.* On rencontre dans ce groupe les substances connues sous le nom de gomme de Bassora, de gomme adragante; celles-ci se présentent sous la forme de masses de couleur fauve qui sont très tenaces et ne peuvent pas être réduites en poudre.

Ces gommes renferment une petite quantité d'arabine, et plus de la moitié de leur poids d'une substance particulière désignée sous le nom de bassorine. Lorsqu'on place cette substance dans l'eau, elle se gonfle au point d'occuper un volume considérable. Bouillie pendant un quart d'heure avec beaucoup d'eau, elle se transforme, à ce qu'on assure, en une substance analogue à la gomme arabique. Elle donne comme les gommes précédentes des acides mucique et oxalique, quand on la traite par l'acide nitrique à l'aide de la chaleur.

## MUCILAGES.

3565. Lorsqu'on traite certaines graines ou racines par de l'eau à 60 ou 80°, et qu'on laisse les matières en contact pendant une heure environ, on obtient, après avoir en-

levé l'eau, en pressant la graine dans une toile, un liquide mucilagineux épais qui, évaporé au bain-marie, donne un résidu qui présente l'aspect de la gomme. La graine de lin, les pépins de coing, les racines de plusieurs espèces d'orchis, etc., donnent ainsi une matière gommeuse quand on les fait digérer pendant un temps suffisant avec de l'eau.

*Mucilage de graine de lin.* Lorsqu'on fait bouillir cette graine avec de l'eau et qu'on l'exprime ensuite, on obtient une masse mucilagineuse d'un jaune-grisâtre qui répand l'odeur des pommes de terre râpées. Après la dessiccation, cette substance se présente sous la forme d'une masse de couleur foncée qui se gonfle beaucoup dans l'eau. Sa dissolution aqueuse est précipitée par l'alcool, par l'acétate de plomb neutre et basique et par le chlorure d'étain. Traité par l'acide nitrique à chaud, ce mucilage donne de l'acide mucique. La matière gommeuse ainsi extraite par l'eau, ressemble par un assez grand nombre de propriétés à l'arabine.

*Mucilage de coing.* Lorsqu'on fait bouillir les pépins de coing avec de l'eau, on obtient un mucilage limpide, incolore. Celui-ci est coagulé par les acides. L'alcool le précipite sous la forme de flocons qui, recueillis sur un filtre et séchés, forment une masse incolore; un grain de cette matière suffit pour transformer une demi-once à une once d'eau en un mucilage épais. L'acétate de plomb, le chlorure d'étain, le sulfate de peroxyde de fer et le protonitrate de mercure troublent sa dissolution aqueuse.

*Salep.* On désigne sous ce nom les racines de plusieurs espèces d'orchis, qu'on lave dans l'eau froide après les avoir débarrassées des fibres, et qu'on fait ensuite bouillir pendant environ une demi-heure dans beaucoup d'eau, qui en extrait une matière dont la saveur est fort désagréable. Par une ébullition prolongée, elles se dissolvent en un mucilage transparent. Lorsqu'on les délaye à l'état de poudre dans l'eau elles se transforment en un semblable mucilage,

se gonflent et absorbent une grande quantité d'eau ; l'acide nitrique convertit le mucilage en acide oxalique.

Le mucilage végétal a le même usage que la gomme. En médecine, il est même plus fréquemment employé que cette dernière. Le salep sert comme l'amidon de lichen de nourriture aux phthisiques. Dans les arts, le mucilage remplace souvent la gomme ordinaire.

## CHAPITRE V.

### DES DIVERSES FERMENTATIONS.

3566. De tous les phénomènes si variés et si intéressants que nous offre la chimie organique, l'action mystérieuse des ferments est sans contredit la plus remarquable et la plus digne de fixer notre attention ; soit que nous l'envisagions dans ses rapports avec la physiologie végétale et animale, soit que nous la considérions sous le point de vue de ses immenses applications industrielles.

Les anciens avaient attaché une très haute importance à la fermentation ; la réalité n'est pas au dessous de l'idée qu'ils s'en étaient faite. Ils avaient distingué : les fermentations alcoolique, panaire, acide, et enfin la fermentation putride.

Cette classification a reçu, dans ces derniers temps surtout, une extension considérable. Ainsi nous admettons aujourd'hui les fermentations :

| | |
|---|---|
| Alcoolique, | Pectique, |
| Glucosique, | Benzoïlique, |
| Visqueuse, | Sinapique, |
| Lactique, | Ammoniacale |
| Acétique, | Putride, |
| Gallique, | Et enfin celle des graisses. |

Avant d'aborder l'étude des phénomènes particuliers à chacune de ces fermentations, nous devons d'abord établir quelques principes généraux applicables à l'ensemble de ces phénomènes.

Nous entendons par fermentation une réaction spontanée, une altération chimique excitée dans une masse de matière organique, par la seule présence d'une autre substance, sans que celle-ci emprunte ou cède quelque chose au corps qu'elle décompose. Cette substance active, le *ferment*, se comporte donc en quelque sorte comme la pile galvanique. Elle sépare, en les dédoublant, des matières plus compliquées, en matières plus simples.

La fermentation ne peut avoir lieu que dans des conditions bien déterminées; ainsi, pour la développer, il faut ordinairement :

1° Une température de 20 à 25°.

2° De l'eau.

3° Le contact de l'air.

4° Enfin le concours constant d'une matière azotée organisée neutre, en très petite quantité, et d'une matière cristallisable non organisée, en quantité souvent très grande.

La matière azotée constitue le ferment; l'autre éprouve la fermentation.

3567. Dans les réactions chimiques ordinaires, nous voyons un corps s'unir à un autre corps pour former un composé nouveau; ou bien un corps en déplacer un autre d'une combinaison où il prend sa place en vertu d'une affinité supérieure. Nous expliquons et nous prévoyons ces faits, par l'intervention de cette force moléculaire qui préside à toutes les réactions chimiques, de cette affinité qui unit entre elles les molécules des corps différents.

De même, dans les phénomènes ordinaires de décomposition, nous voyons intervenir tantôt la chaleur, tantôt la lumière, tantôt l'électricité, forces dont l'essence nous

échappe sans doute, mais dont l'effet bien connu tend à séparer les molécules des corps les unes des autres dans des cas bien déterminés.

La fermentation au contraire ne s'explique ni par les lois connues de l'affinité chimique, ni par l'intervention des forces telles que l'électricité, la lumière ou la chaleur à qui la chimie a si souvent recours.

L'objet de la fermentation est évident : c'est un artifice à l'aide duquel la nature dédouble les matières organiques complexes, pour les ramener à des formes plus simples qui les conduisent vers la constitution habituelle des composés de la nature minérale.

Quand on envisage d'un certain point de vue l'ensemble des matières organiques, on voit que les végétaux verts tendent sans cesse, sous l'influence de la lumière, à créer des matières organiques de plus en plus complexes, au moyen des éléments de la nature minérale. Les animaux, au contraire, détruisent ces matières organiques et les ramènent sans cesse vers des formes qui tendent à les faire rentrer dans le domaine de la nature minérale : en même temps qu'ils mettent à profit pour leurs besoins les forces qui maintenaient l'état de combinaison de ces matières.

Les fermentations sont toujours des phénomènes du même ordre que ceux qui caractérisent l'accomplissement régulier des actes de la vie animale.

Elles prennent des matières organiques complexes ; elles les défont brusquement ou peu à peu et elles les ramènent en les dédoublant à l'état inorganique.

A la vérité, il faut souvent plusieurs fermentations successives pour produire l'effet total ; mais la tendance générale du phénomène se manifeste toujours dans chacune d'elles de la manière la plus évidente.

Le ferment nous apparaît donc comme un être organisé qui absorbe à son profit la force au moyen de laquelle étaient unies les particules du corps qui éprouve la fer-

mentation; il consomme cette force et se l'approprie. Les particules des corps désunies se séparent en produits plus simples.

Le rôle que joue le ferment, tous les animaux le jouent; on le retrouve même dans toutes les parties des plantes qui ne sont pas vertes. Tous ces êtres ou tous ces organes consomment des matières organiques, les dédoublent et les ramènent vers les formes plus simples de la chimie minérale.

Tous ces caractères se reproduisent à un degré égal dans la fermentation alcoolique, type ordinaire des fermentations et dans la fermentation putride, phénomène que les chimistes ont voulu dans ces dernières années en séparer, mais que l'instinct des anciens en avait rapproché à si juste titre.

Ainsi, dans toute fermentation apparaît comme agent principal une matière azotée, organisée, qui semble vivre et se développer;

Et comme matériaux, une ou plusieurs substances organiques complexes qui, se dédoublant, se transforment de la sorte en produits plus simples et plus rapprochés des formes de la chimie minérale.

Pour compléter l'analogie entre les ferments et les animaux, on doit ajouter que de même qu'il faut aux animaux pour vivre et se développer une nourriture formée de matières animales, de même tous les ferments exigent, pour se développer, une nourriture formée aussi de ces mêmes matières animales dont les animaux se nourrissent.

Dès qu'un ferment trouve réunies les conditions de son existence, c'est à dire une matière organique à décomposer, et celles de son développement, c'est à dire une matière organisée ou organisable à s'assimiler, ce ferment semble donc agir et se développer comme le ferait une suite de générations d'êtres organisés quelconqnes

Comme tous les liquides de l'économie animale ou vé-

gétale présentent réunies les conditions que nous venons d'exprimer, les effets résultant de l'action des ferments pendant la vie ou après la mort des êtres organisés doivent être immenses, et ils le sont en effet.

Combien de maladies qui résultent de l'introduction fortuite d'un ferment dans le sang, et qui ne sait que ces maladies sont graves sinon presque toujours mortelles. On comprend sans peine l'épouvantable désordre qui doit résulter pour l'économie de l'envahissement soudain d'un liquide important, par des myriades d'êtres microscopiques, se multipliant à l'infini aux dépens de la matière animale qu'ils décomposent. C'est ainsi qu'agissent les résorptions purulentes, les piqûres anatomiques et tant d'autres inoculations de matières animales affectées d'une fermentation et pouvant la développer et l'étendre à d'autres matières saines.

3567. Le meilleur moyen, le seul peut-être de se faire une idée juste de ces phénomènes étranges et obscurs, qui se passent sur les confins de la vie et où la vie se manifeste quelquefois seulement par la production des phénomènes extérieurs, qui ailleurs caractérisent son influence, c'est de faire l'étude complète d'une des fermentations les mieux connues, c'est à dire de la fermentation alcoolique.

Sous ce nom, on ne confond pas moins de cinq ou six opérations très distinctes ; trois d'entre elles sont caractérisées par les phénomènes que présente le ferment, trois autres par la nature des matières qui éprouvent la fermentation.

La fermentation alcoolique a pour résultat général la conversion du sucre en alcool et en acide carbonique. C'est là le fait chimique prédominant.

On peut même dire que si l'on opère sur du sucre de raisin, du glucose, ce fait est le seul qu'il y ait à observer ;

Mais, si on opère sur du sucre de cannes, celui-ci sous l'influence du ferment se convertit tout à coup en sucre de raisin, puis passe plus lentement à l'état d'alcool et d'acide carbonique ;

Enfin, si on opère sur du sucre de lait, celui-ci se transforme encore en sucre de raisin, mais avec plus de lenteur, et donne ensuite comme lui de l'alcool et de l'acide carbonique.

Que si ces sucres se trouvent mêlés de certaines matières organiques, l'influence du ferment pourra s'étendre sur elles. Impropres à l'entretenir vivant ou du moins agissant, elles peuvent en être décomposées quand il agit. De là, bien des phénomènes sans doute, dont la connaissance est à peine pressentie aujourd'hui.

Voyons maintenant, de son côté, quels caractères le ferment peut offrir.

Cette matière azotée qui existe en germe dans la majeure partie des matières organisées, placée sous certaines influences et dans des conditions convenables, se développe, se modifie et agit, ainsi que nous le démontrerons plus tard. Tantôt, elle n'existe donc qu'en germe. Tantôt, elle est déjà formée, mais pendant la fermentation elle perd sa qualité de ferment. Tantôt, au contraire, non seulement elle existe et agit, mais encore pendant la fermentation même, elle se développe jusqu'à acquérir un poids 5, 6 et même 7 fois plus grand.

On distingue donc, à l'égard du ferment, trois conditions dans le phénomène de la fermentation. Dans la première, le ferment n'existe pas encore, mais il peut se produire, c'est le cas des fruits sucrés. Dans la seconde, le ferment existe, il agit, mais ne se reproduit pas, c'est le cas d'un mélange de sucre et de levure de bière. Dans la troisième enfin, le ferment peut naître, agir et se reproduire, c'est le cas de la fabrication de la bière elle-même.

3568. Pour se faire une idée nette et précise de la seconde de ces conditions, la plus simple de toutes, il suffit de jeter les yeux sur ce qui se passe dans la transformation du sucre en acide carbonique et en alcool. Si l'on prend 5 ou 6 parties de sucre, avec 20 à 25 parties d'eau, qu'on ajoute un

petite quantité de levure de bière, et qu'on abandonne l'expérience à la température de 25 à 30°, on voit bientôt le sucre disparaître. De toutes parts, il se dégage de l'acide carbonique, d'abord avec rapidité, puis de plus en plus lentement, jusqu'à ce qu'après deux ou trois jours, l'action cesse entièrement. Si on distille ensuite avec précaution une première fois le liquide restant, de manière à n'en recueillir que le quart, qu'on soumette ce produit à une seconde, puis à une troisième distillation, en ajoutant de la chaux, on finira par obtenir de l'alcool plus ou moins rectifié. Evaluant enfin, les différents produits de la décomposition du sucre, on trouvera que l'acide carbonique et l'alcool représentent, à très peu près, le poids du sucre employé.

Or, qu'est devenu le ferment, dans le cours de cette opération? Pour s'en rendre compte, il suffit d'examiner le liquide après la transformation du sucre. On y trouve à la place de la levure de bière, une substance grise, insoluble dans l'eau, peu étudiée jusqu'ici, mais peu azotée, incapable d'exciter la fermentation. En outre, on reconnaît dans le liquide des sels ammoniacaux dissous, dont la présence paraît fort naturelle, en se rappelant que le ferment est une matière azotée propre à donner de l'ammoniaque, et que le sucre est de son côté susceptible de se transformer très aisément en acide lactique. Il se forme donc du lactate d'ammoniaque.

Avant la fermentation, rien de pareil. La levure de bière insoluble, communique à l'eau dans laquelle on la lave une légère réaction acide, mais ne cède point d'ammoniaque. L'acide qu'elle contient est difficile à séparer entièrement du ferment, même par des lavages souvent répétés, car il est emprisonné dans l'intérieur des cellules du ferment. M. Quévenne s'est assuré qu'il ne joue aucun rôle dans l'acte de la fermentation. Pour s'en convaincre, on n'a qu'à prendre la matière restée sur le filtre, dépouillée de tout

acide, autant que possible, par les lavages, et à la mettre dans les conditions convenables en présence du sucre. La fermentation se fera parfaitement bien, tandis que le liquide filtré contenant presque tout l'acide n'excitera, en pareil cas, qu'une action presque insensible que l'on peut attribuer à la présence de quelques particules de matières actives insolubles entraînées avec l'eau à travers les mailles du filtre.

3569. Examinons maintenant, pour compléter cette étude du ferment, les phénomènes qui se présentent dans la fabrication de la bière et dans celle du vin.

S'agit-il de la bière, on prend de l'orge, on le pénètre d'eau, puis on l'étend dans une cave. La graine humide exposée à l'air commence à germer. Il s'y développe de la diastase en quantité de plus en plus grande, jusqu'à ce que la plumule soit prête à percer la graine. Si on laissait continuer l'action plus longtemps, la diastase se détruirait peu à peu; on arrête donc la germination, en soumettant l'orge à la dessiccation. Une partie de la fécule est déjà modifiée; les globules se sont gonflés; les uns se sont déjà transformés en sucre, les autres en dextrine, d'autres moins altérés sont pourtant à l'état de fécule rougissant par l'iode.

Quand la germination et la dessiccation sont terminées, l'orge est moulue, puis mise en contact avec de l'eau, à la température de 70 à 75°. Alors la diastase agit complètement, et toute la fécule est transformée en sucre. On ajoute à la matière sucrée une certaine quantité d'huile et d'extrait de houblon, en faisant bouillir dans le liquide des cônes de cette plante. Quand ce liquide est refroidi, l'addition de la levure de bière en fait dégager des torrents d'acide carbonique, en développant d'un autre côté, des quantités correspondantes d'alcool dans la liqueur. En même temps, d'après les observations de MM. Cagniard-Latour, Turpin, Quévenne, le ferment, loin de se détruire, se développe par bourgeonnement, se dédouble, augmente

considérablement en proportion, et surnage comme une écume à la surface des cuves. C'est que dans l'orge il se trouve des matières albuminoïdes azotées, propres à sa nutrition, de telle sorte que le brasseur retrouve six à sept fois plus de levure qu'il n'en a mis.

3570. Dans la vinification, il se passe des phénomènes du même ordre, mais cependant différents sous plusieurs points de vue.

Si l'on dessèche un raisin, il se conservera intact; si, au contraire, on le laisse sur pied, abandonné à l'action des pluies, le grain contenant du mucilage, l'eau sera absorbée par un phénomène d'endosmose, la peau distendue de plus en plus, finira par se rompre, l'air aura accès dans le fruit, et la fermentation commencera. Ce que fait la nature dans ce cas, le vigneron le réalise en écrasant les grains de raisin. En effet, d'après les expériences directes de M. Gay-Lussac, le moût de raisin a absolument besoin du contact de l'oxygène pour fermenter. Cet illustre chimiste a pris des grains de raisin intacts, il les a introduits sur la cuve à mercure, dans une éprouvette renversée, qu'il a remplie d'acide carbonique pur. Il a ensuite évacué ce gaz sous le mercure pour se débarrasser des moindres traces d'air. Ensuite, au moyen d'une tige en verre, il a foulé le raisin, et le moût obtenu s'est conservé sans manifester le moindre signe de fermentation. Quand, au contraire, il a fait arriver une seule bulle d'air dans l'éprouvette, aussitôt la fermentation s'est établie. Il faut donc absolument le concours de l'air dans ce cas.

Dans le raisin, avec le concours de l'air, la fermentation est donc spontanée. Dans la décomposition du sucre par la levure de bière, elle est incomplète, car le ferment disparaît, faute d'une matière azotée pour l'alimenter. Enfin, dans la fabrication de la bière, la fermentation est complète, car la levure non seulement agit sur le sucre qu'elle décompose, mais en même temps elle se développe aux dépens de la

matière albuminoïde de l'orge, et produit une masse sept fois plus considérable où toutes ses propriétés distinctives se retrouvent.

Nous avons donc, dans ces trois exemples, les trois phases principales de la vie de cet être extrordinaire, qui jusqu'ici n'avait été connu que par ses actes, sans qu'on eût pu saisir la connexion véritable entre sa nature et celle des substances fermentescibles.

3571. Le microscope à la main, tout le monde pourra s'assurer d'ailleurs comme l'a si bien vu M. Cagniard Latour que le ferment est organisé. Si l'on examine la levure de bière avant la fermentation, on voit qu'elle est formée en entier de globules, ou de corpuscules légèrement ovoïdes de un centième de millimètre de diamètre; souvent leur pourtour semble garni de petits appendices, qu'on regarde comme de véritables bourgeons annexés aux cellules mères. Aussitôt que la fermentation est en train, la levure ne reste pas un instant oisive. Les petits corps discoïdes s'agitent en tous sens, et si la substance soumise à la fermentation est mêlée d'une matière azotée, ils deviennent plus volumineux; les petits appendices latéraux se développent et quand ils ont acquis de certaines dimensions, ils se détachent pour vivre isolément à leur tour et donner naissance à d'autres bourgeons, d'après M. Turpin.

Cette série de dédoublements successifs ferait prendre au ferment un volume jusqu'à sept fois plus considérable que son volume primitif dans la fabrication de la bière. Si elle était démontrée, il faudrait bien admettre dans tous ces phénomènes, de véritables actes vitaux et une reproduction par voie de bourgeonnement, telle qu'on la rencontre dans le règne végétal. L'existence d'un être vivant démontrée par là, serait confirmée par cette remarque que dans la fermentation incomplète, celle qui est excitée dans une matière non azotée, par conséquent impropre à la nutrition, la levure perd ses propriétés. Que si au contraire,

on ajoute au mélange une substance albumineuse, ou caséeuse ou charnue, le développement du ferment marche aussitôt, et une dose nouvelle de ferment se retrouve après l'opération. Ainsi, avec une nourriture convenable, le ferment engendre le ferment. Voilà pourquoi une faible quantité de jus de raisin en fermentation, ajoutée à du jus non altéré, excite la fermentation de toute la masse.

Ces effets ne sont pas bornés à la fermentation alcoolique. Les plus petites quantités de lait aigri, de pâte de farine ou de jus de betteraves aigri, de chair ou de sang putréfiés, occasionnent les mêmes altérations dans du lait, du jus de betteraves, de la pâte de farine, de la chair, du sang non altérés.

De plus, et cette circonstance n'est pas moins extraordinaire, si on met dans un liquide qui contient une substance en fermentation une autre substance qui ne se serait pas altérée seule, celle-ci est décomposée par l'influence de la première. En effet, si l'on met de l'urée en présence de la levure de bière, elle n'éprouve aucun changement, tandis que si on l'ajoute à du sucre en train de fermenter, elle se convertit en carbonate d'ammoniaque. Il y a donc deux modes de décomposition; l'un direct, l'autre secondaire.

Remarquons, cependant, sans nier les observations positives qui prouvent que le ferment se multiplie, qu'il a toutes les apparences d'une substance organisée; que ce n'est que par analogie qu'on a admis sa multiplication par dédoublement, phénomène bien difficile en effet à constater par expérience.

3572. Ainsi, sous le nom général de fermentation, se trouvent confondues des réactions très diverses :

1° Ici, ce sont deux corps tout formés qui réagissent, comme c'est le cas de la levure de bière et du sucre de raisin;

2° Là, il faut que le corps qui doit fermenter se modi-

fie, comme c'est le cas pour le sucre de canne et le sucre de lait, qui sous l'influence de la levure de bière deviennent d'abord du glucose et fermentent ensuite;

3° Ailleurs, le ferment n'existe point encore, et il a besoin du concours de l'air pour se développer, comme dans la fermentation du moût de raisin et du jus des fruits sucrés en général.

4° Ailleurs encore, après l'introduction d'un ferment artificiel, on voit celui-ci se développer aux dépens des matières en fermentation; tel est le cas de la fabrication de la bière;

5° Enfin, aux produits principaux de la réaction peuvent se trouver mêlés des produits secondaires qui participent à la réaction par influence, comme c'est le cas des mélanges d'urée et de sucre.

## FERMENTATION ALCOOLIQUE.

LAVOISIER, *Eléments de chimie.*

CHAPTAL, *Ann. de chim.*, t. 75, p. 96.

FOURCROY et VAUQUELIN, *Ann. du Muséum*, t. 7.

THÉNARD, *Ann. de chim.*, t. 46, p. 240.

PROUST, *Ann. de ch.*, t. 47, p. 246.

DOEBEREINER, *Journal de pharmacie*, t. 2, p. 334.

GAY-LUSSAC, *Ann. de chim.*, t. 76, p. 245, et *Ann. de chim. et de phys.*, t. 18, p. 380.

COLIN, *Annales de chim. et de phys.*, t. 28, p. 128.

BRACONNOT, *Journal de chim. méd.*, t. 7, p. 705.

CAGNIART DE LATOUR, *Ann. de chim. et de phys.*, t. 68, p. 206.

TURPIN, *Mémoires de l'Institut*, t. 17, p. 93.

QUEVENNE, *Journal de pharmacie*, t. 24, p. 36, 265 et 329; *id.*, t. 27, p. 589.

ROSE, *Journal de pharmacie*, t. 27, p. 681.

5573. La fermentation alcoolique, comme Lavoisier l'a établi le premier, est une opération dans laquelle les éléments du sucre se transforment en alcool et en acide carbonique, sous l'influence du ferment.

Si l'on envisage le sucre de raisin desséché à 130° dans le vide, comme renfermant $C^{24}\ H^{24}\ O^{12}$, voici comment l'équation s'établit :

$$C^{24}\,H^{24}\,O^{12} = C^{8}\,O^{8} + C^{16}\,H^{24}\,O^{4}.$$

| | |
|---|---|
| C'est à dire qu'une molécule de sucre | $C^{24}\,H^{24}\,O^{12} = 2250$ |
| en donne 4 d'acide carbonique | $4\,C^{2}\,O^{2} = 1100$ |
| et 2 d'alcool | $2\,C^{8}\,H^{12}\,O^{2} = 1150$ |

D'où il suit que 100 parties de sucre de raisin desséché à 130° doivent donner 48,8 d'acide carbonique et 51,2 d'alcool.

Si l'on opère sur du sucre de raisin hydraté ordinaire $C^{24}\,H^{24}\,O^{12}$, $2H^{2}\,O$, les deux atomes d'eau deviennent libres.

Il faut très peu de ferment pour exciter la fermentation de cette espèce de sucre.

Le sucre de cannes en exige bien davantage. Pour la même quantité de sucre, il faut, d'après M. Rose, huit fois plus de ferment que lorsqu'il s'agit du sucre de raisin, et si, quand la fermentation est bien en train, on vient à l'arrêter tout d'un coup par l'addition d'une forte dose d'alcool absolu, on ne retrouve dans la liqueur que du sucre de raisin, ainsi que l'a reconnu M. Dubrunfaut. La formation en est due à cette grande quantité de ferment employée.

Comme nous l'avions admis Boullay et moi, il est donc évident que le sucre de cannes s'assimile de l'eau pour fournir l'acide carbonique et l'alcool que produit sa fermentation : $C^{24}\,H^{24}\,O^{11}$ prend $H^{2}\,O$, et donne ainsi $C^{24}\,H^{24}\,O^{12}$, qui seul possède la propriété de fermenter.

Dans le cas du sucre de lait, c'est autre chose qui se

passe. Celui-ci est composé de $C^{24} H^{24} O^{12}$ ; il n'a donc qu'à subir un changement isomérique pour devenir apte à fermenter réellement. Mais, d'après M. Hesse, sa fermentation ne s'établit convenablement qu'en prenant du lait qu'on abandonne à lui-même dans des vases de bois un peu profonds : c'est le caséum qui sert de ferment. La fermentation est lente, mais elle fournit comme à l'ordinaire de l'acide carbonique et de l'alcool. Il se forme en même temps une assez grande quantité de lactate d'ammoniaque. En ajoutant au lait une nouvelle quantité de sucre de lait, on augmente la proportion d'alcool qu'il peut produire.

La fermentation alcoolique entraîne dans quelque cas, avons-nous dit, la destruction du ferment ; dans d'autres, elle détermine sa reproduction ; il faut donc connaître la composition du ferment pour se rendre compte de la nature et de la génération des produits qui en dérivent.

L'ammoniaque étant au nombre des produits de sa décomposition, nous savons par là que l'azote fait partie de ses éléments. On y constate aisément la présence du soufre. Pour cela, il suffit d'introduire de la levure dans une cornue tubulée avec une solution faible de potasse caustique. On chauffe pendant quelque temps, puis on ajoute par portions un excès d'acide sulfurique. Au bout de quelques heures, le papier imprégné d'acétate de plomb qu'on a suspendu à la tubulure de la cornue est en partie noirci.

Ainsi, le ferment, indépendamment des acides, des sels insolubles qu'il entraîne dans sa précipitation, et dont une partie lui est sans doute étrangère, est composé de cinq éléments : l'oxygène, l'hydrogène, le carbone, l'azote et le soufre.

La présence du soufre explique l'odeur de choux pourris que répandent les eaux de lavage de la levure.

Purifié de tout produit soluble, par l'eau, l'alcool et l'éther, le ferment contient, abstraction faite des cendres,

| | |
|---|---|
| Carbone | 50,6 |
| Hydrogène | 7,5 |
| Azote | 15,0 |
| Oxygène, Soufre, Phosphore | 27,1 |
| | 100,0 |

Cette analyse se représente par la formule $C^{96} H^{82} Az^{12} O^{20}$, qui indique, comme on pouvait s'y attendre, une étroite analogie entre le ferment et les matières albuminoïdes d'où il dérive. En effet, ces matières sont elles-mêmes formées de $C^{96} H^{72} Az^{12} O^{15}$, et en s'appropriant $5 H^2 O$ elles donnent le ferment $C^{96} H^{82} Az^{12} O^{20}$. Il serait même possible que la différence apparente de composition tint tout simplement à quelque corps étranger, que les lavages auraient laissé dans la levure.

La levure possède si bien, en effet, tous les caractères des substances albumineuses, même la coloration en violet par l'acide chlorhydrique; elle se forme si aisément par leur concours, que tout porte à penser qu'elle possède la même composition chimique. Il ne serait donc pas impossible que la différence que nous attribuons ici à la fixation de l'eau fût due au mélange accidentel de quelque matière organique emprisonnée dans les globules même de la levure.

Quoi qu'il en soit, c'est ici le lieu de montrer avec quelle facilité les matières albumineuses se convertissent en ferment.

On sait depuis longtemps que le gluten se convertit lentement en ferment sous l'influence de l'air et de l'eau à la température ordinaire.

L'albumine produit le même effet. Mise en présence de l'eau et du sucre à la température de 33° par exemple, elle parvient au bout de trois semaines à se convertir en un vé-

ritable ferment, et alors la fermentation marche sans s'arrêter quoique avec lenteur.

Le caséum se comporte de la même manière.

Il en est de même de la fibrine ou du moins de la viande de bœuf, qui en est essentiellement formée.

On attribue à la colle de poisson, à l'urine, la même propriété, ce qui doit dépendre de la présence dans ces produits de quelques traces de matières albumineuses.

Quand une matière de ce genre s'est convertie en ferment et qu'elle produit la fermentation du sucre, elle détermine le dépôt d'une assez grande quantité d'un ferment plus actif qui, mis en présence du sucre, le fait fermenter rapidement.

Dans tous les cas, on retrouve au microscope dans tous les ferments artificiels, les formes des globules de la levure de bière elle-même, ainsi que leurs dimensions.

Si on ajoute qu'aucune matière non azotée n'est capable de se convertir en ferment; que cette propriété est même bornée parmi les matières azotées à celles qui ont fait partie de l'organisation, qui ont vécu ou du moins qui sont aptes à vivre; si on remarque enfin que tout produit capable d'engendrer le ferment est putrescible, et qu'il agit même mieux à cet égard, quand il a éprouvé un commencement de putréfaction, on ne pourra mettre en doute l'analogie singulière qui existe entre le développement du ferment et celui des animalcules microscopiques.

Le besoin d'air pour la conversion des matières animales en ferment, rend compte même d'une circonstance qui a donné lieu à beaucoup de commentaires.

Le ferment devient quelquefois inerte. Tel est le cas de la levure de bière qui a subi une ébullition de quelques minutes avec de l'eau. Si on introduit alors dans le vase qui renferme le mélange d'un tel ferment, d'eau et de sucre, les deux poles d'une pile, on voit peu à peu la fermentation s'établir.

Tout indique qu'il faut attribuer la plus grande partie de cet effet à l'oxygène qui provient de l'eau décomposée par la pile. Celle-ci n'agirait donc qu'en fournissant au ferment cette trace d'oxygène qui lui manque et qu'il emprunte ordinairement à l'air.

Enfin, si l'on voit diverses matières animales donner en s'altérant naissance à des produits capables d'exciter la fermentation, il n'en faut pas conclure qu'il y ait divers ferments. Le microscope prouve en effet que toutes ces matières engendrent le même produit, et qu'au moment où la fermentation se manifeste, on découvre toujours des globules nombreux de levure tout à fait semblables, quel que soit le corps qui les ait fournis.

3574. La levure, telle qu'elle se sépare après la fermentation du mout de bière, possède, au plus haut degré, la propriété d'exciter la fermentation. Les lavages à l'eau s'emparent des matières solubles, et diminuent un peu l'énergie de cette propriété, mais on ne peut parvenir à la faire disparaître. L'eau de lavage constitue toujours un ferment bien moins énergique que le résidu. C'est donc dans ce résidu globulaire insoluble, et non dans la partie extractive dissoute, que réside la puissance fermentescible.

M. Quévenne a fait récemment sur les circonstances de la fermentation une suite d'observations très dignes d'intérêt que nous allons analyser complètement ici.

Une portion de levure brute, desséchée à la température de l'eau bouillante, au point de la rendre cassante, et mise ensuite en contact avec l'eau sucrée, avait perdu une grande partie de son énergie; mais cependant elle produisait la fermentation.

Une autre portion, soumise à la température de l'ébullition pendant quatre à cinq minutes avec de l'eau, n'était pas rendue complètement impropre à produire l'alcoolisation du sucre, et la fermentation se manifestait dans l'es-

pace de douze à quinze heures ; mais elle marchait moins activement qu'avec la levure normale.

M. Thénard avait déjà vu qu'après une exposition de dix à douze minutes à l'action de l'eau bouillante, la levure avait perdu ses propriétés, mais qu'elle pouvait les reprendre au bout de quelques jours.

Une exposition pendant une nuit à la température de 10 à 12° au dessous de 0 ne semble pas diminuer sensiblement son énergie.

Les proportions d'eau et de sucre qui paraissent les plus convenables pour produire la fermentation sont celles qui ont été indiquées par M. Colin ; c'est à dire une partie de sucre pour 3 à 4 d'eau. Quand il n'y a que 1/8 de sucre, la fermentation est plus lente à se développer, et sa marche moins franche.

Quant à la proportion du ferment, M. Thénard s'est dès longtemps assuré qu'il suffit d'une partie de levure fraîche pour cinq parties de sucre, et que pendant la fermentation cent parties de sucre ne détruisent pas deux parties de ferment supposé sec.

La température moyenne de 20 à 25° cent. est la plus favorable à la marche régulière du phénomène.

3575. Certains corps exercent une influence favorable, d'autres une action nuisible sur la fermentation.

Mise en contact avec de l'alcool à 36° Réaumur, pendant 24 heures, puis abandonnée à l'étuve pour évaporer le liquide, la levure produit encore la fermentation, mais seulement après un jour et d'une manière lente et faible.

Six gouttes d'essence de térébenthine, mises avec eau 60 grammes, sucre 20, levure 1, empêchent complètement la fermentation de se développer. La créosote, employée de la même manière, produit exactement le même résultat.

Les acides minéraux puissants exercent, en général, une

influence défavorable sur la fermentation, ou même l'empêchent complètement.

Si aux quantités indiquées ci-dessus, d'eau, de levure et de sucre, on ajoute séparément des acides sulfurique, azotique et chlorhydrique, dans la proportion de six gouttes de chacun, même après trois jours d'exposition à une température de 30° c., il ne se manifeste aucun signe de fermentation. L'acide phosphorique, dans la même proportion, n'empêche pas complètement la fermentation; mais elle est lente et s'arrête après deux jours. L'acide arsénieux, à la dose de 30 centigrammes trituré avec l'eau et mêlé à la levure, rend la marche de la fermentation un peu plus lente, mais ne l'empêche pas.

Certains acides organiques favorisent la fermentation, quand ils ne sont pas en trop grande quantité, tandis que d'autres sont nuisibles.

Des essais faits avec les proportions indiquées, et l'acide acétique à 10°, ont donné les résultats suivants : deux expériences faites avec 5 à 10 gouttes de cet acide ont fermenté promptement et activement; d'autres expériences faites simultanément avec 20, 40, et 80 gouttes du même acide, n'ont donné aucun signe de fermentation.

L'acide lactique en solution concentrée, employé dans les mêmes proportions, produit à peu près les mêmes résultats que l'acide acétique.

Les acides tartrique et citrique, à la dose de 60 centigrammes, toujours pour les mêmes proportions, contrarient la fermentation, mais ne l'empêchent pas.

Le tannin ne paraît pas exercer beaucoup d'influence sur la marche du phénomène.

L'acide oxalique, au contraire, s'oppose complètement à la fermentation.

L'acide prussique médicinal, employé à la dose de 4 grammes pour les proportions indiquées, l'empêche aussi d'une manière absolue.

3576. » Les alcalis, continue M. Quévenne, exercent sur la fermentation une influence nuisible, mais que des changements qui surviennent dans le liquide rendent momentanée, ainsi que le démontre l'expérience suivante, dans laquelle on a employé pour les doses ci-dessus 30 centigrammes de solution concentrée de potasse caustique. La liqueur offrait une réaction fortement alcaline; il n'y eut aucun signe de fermentation pendant un jour, mais après trente-six heures, elle commença à se développer, et continua sa marche avec une grande activité et sans interruption. La liqueur, d'abord alcaline, est devenue neutre, puis légèrement acide au moment où s'est déclarée la fermentation : l'acidité est allée ensuite en augmentant. Dans d'autres liquides rendus alcalins, on déterminait en peu d'instants la fermentation en ajoutant de l'acide acétique, de manière à sursaturer la potasse. On peut même, par de pareilles manipulations, arrêter brusquement la fermentation par l'addition d'un alcali, puis la reproduire en très peu de temps par l'addition de l'acide acétique.

» Ces faits démontrent clairement que la présence d'une petite portion d'acide est très favorable à l'accomplissement du phénomène de la fermentation, et il semble s'opérer dans le liquide, avant la transformation du sucre en alcool, une première modification qui a pour objet d'y développer certains acides, au nombre desquels se trouve l'acide lactique.

» Depuis un temps immémorial, on savait en Bourgogne, par tradition populaire, qu'une certaine poudre rouge, jetée dans la cuve, pouvait arrêter la fermentation du vin. M. Valli a reconnu que cette poudre n'était autre chose que l'oxyde rouge de mercure. M. Colin, de son côté, a aussi reconnu cette même action, à l'oxyde de mercure. Tous les oxydes, comme on le pense bien, ne jouissent pas de cette propriété; la litharge, par exemple, essayée comparative-

ment avec l'oxyde de mercure, n'exerce aucune influence défavorable sur la marche du phénomène.

» Parmi les sels, la crême de tartre, l'acétate de potasse, le sulfate de soude, employés de la même manière que ci-dessus, n'ont pas paru avoir d'action marquée, et s'ils ont eu quelque influence elle a été plutôt favorable que nuisible.

» Le carbonate de soude éloigne le moment de l'apparition du phénomène, évidemment en raison de son alcalinité.

» L'alun et l'acétate neutre de plomb ont gêné la fermentation, mais sans l'arrêter.

» L'acétate de cuivre et le bi-chlorure de mercure l'ont empêchée de la manière la plus complète ; il n'en est pas de même du proto-chlorure de mercure, avec lequel la fermentation s'est très bien accomplie et sans retard.

» On a essayé aussi l'action de différentes substances organiques, en choisissant, de préférence, des poisons.

» La strychnine, employée à la dose de 6 grains, triturée longtemps avec l'eau pour en dissoudre le plus possible, a rendu la liqueur légèrement alcaline, et la fermentation ne s'est pas manifestée ; mais quand le liquide est devenu acide, elle a repris sa marche et son activité accoutumée. On a répété l'expérience, en ajoutant une petite quantité d'acide acétique, et la fermentation a suivi une marche normale, ce qui démontre que si la strychnine avait nui d'abord à la fermentation, c'était uniquement à cause de sa propriété alcaline, et non pas parce qu'elle avait agi comme poison.

» La morphine n'exerce pas autant d'influence que la strychnine sur le phénomène; employée seule et sans addition, d'acide elle n'a pas retardé sensiblement sa marche.

» Le staphysaigre concassé, à la dose de 1 gros, a été sans influence sur la fermentation.

3377. » D'un autre côté, M. Quevenne a soumis la levure de bière, elle-même, à de nombreuses et intéressantes expériences analytiques et microscopiques, dont nous allons indiquer les principales.

» La levure se présente sous forme d'une bouillie écumeuse, grise, mêlée de grumeaux noirâtres. Dans cet état, elle exhale à un très haut degré cette odeur aigre que l'on connaît à toutes les levures en général, et qui ne peut être comparée à nulle autre. Sa saveur est amère et sa réaction acide. Elle est entièrement composée de globules microscopiques qui ont été bien décrits, pour la première fois, par M. Desmazières, qui les a rangés parmi les mycodermes, sous le nom de *mycoderma cerivisiæ*.

» A l'état brut, elle est nécessairement imprégnée d'une quantité plus ou moins grande des matières solubles de l'orge et du houblon, ainsi que des matières étrangères entraînées dans les écumes de la bière. Pour l'en débarrasser, on la délaie dans une grande quantité d'eau, à laquelle elle communique l'aspect d'un liquide émulsif gris sale. Au bout d'une demi-heure, il s'y forme un dépôt de grumeaux bruns, tandis que d'autres matières étrangères restent à la surface. On enlève celles-ci et on décante le liquide émulsif pour le séparer du dépôt brun très amer qui paraît provenir du houblon. Au microscope, il semble composé d'un mélange de globules de ferment et de débris pelliculeux jaunâtres.

» Le liquide trouble décanté et abandonné à lui-même pendant vingt-quatre heures fournit un dépôt légèrement gris, cohérent. L'eau qui surnage est un peu acide au papier; sacouleur est jaune terne, sa saveur amère; on la sépare au moyen du siphon. On répète deux fois de la même manière ce lavage à grande eau, en rejetant à chaque fois le premier dépôt formé des portions colorées. Le dépôt devient parfaitement blanc et homogène; il se présente sous forme d'une bouillie blanche, lisse et assez consistante.

» C'est la levure pure. Ni le microscope ni la teinture d'iode n'y annoncent la moindre trace d'amidon. Elle a conservé son odeur de levure; elle n'est plus amère, mais simplement fade.

» Mise sur le papier de tournesol bleu, celui-ci rougit aussitôt. Cette propriété acide ne paraît pas cependant être inhérente à la levure; elle est due à des acides dont nous verrons plus loin la nature, et qu'elle retient avec une opiniâtreté remarquable. On peut, au moyen de lavages extrêmement prolongés, faire disparaître entièrement cette acidité, mais l'odeur qui se développe oblige à se demander si les dernières portions d'acide ont bien été enlevées par l'eau, ou si, par suite d'un commencement de décomposition, il ne s'est pas formé un peu d'ammoniaque qui les a saturées.

3578. » Au microscope, le ferment, ainsi purifié, paraît formé de globules qui sont quelquefois parfaitement circulaires, mais le plus souvent un peu ovoïdes. Ces globules ne sont pas aplatis comme ceux du sang, ils ont véritablement une forme sphéroïdale. A l'état frais, leur surface est blanche et unie; cependant, en diminuant l'intensité de la lumière, on y distingue quelques petits points noirâtres peu apparents. Mais au bout d'un certain nombre de jours, on y aperçoit distinctement, ou un petit cercle secondaire très pâle, ou seulement un segment de cercle simulant un croissant, ou encore de petits points noirs au nombre de 2, 3, 4, 5. Il arrive même quelquefois que certains de ces derniers sont eux-mêmes à centre lumineux, et simulent ainsi de petits globules ou cercles secondaires.

» Les globules du ferment sont d'une grosseur assez uniforme, toutes les fois qu'ils proviennent d'une fermentation qui a marché franchement et sans interruption. Leur diamètre varie, en général, de 1/400e à 1/100e de millimètre. On en voit cependant quelquefois de plus petits ou de plus gros que ces deux extrêmes, mais ils sont très rares, et le diamètre dominant est de 1/200e à 1/150e.

Ces globules sont généralement bien isolés les uns des autres; très rarement, ils sont réunis en petits amas ou en chaînons. On en voit un certain nombre qui portent un

globule plus petit, faisant corps avec le premier. Le cercle noir qui les circonscrit est interrompu au point de jonction, comme si le petit globule était sorti du premier. Ces petits globules ne sont pas simplement juxtaposés, ils adhèrent au gros globule, car quand on établit un courant dans le liquide, ces globules doubles roulent ensemble sans jamais se séparer. Indépendamment de ces globules et des points ou cercles secondaires qu'ils portent, on voit disséminés, dans les intervalles qui les séparent, de très petits points noirs, ténus, difficiles à apercevoir, quelquefois rares, d'autres fois assez nombreux. Le plus grand nombre est dû probablement à la présence du phosphate de chaux, car ils disparaissent en partie par l'ébullition dans l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique. »

L'aspect microscopique du ferment est donc très favorable à l'idée qu'on s'en est faite, quand on y a vu un corps propre à se reproduire par voie de bourgeonnement.

Mais faut-il considérer, comme appartenant à la vie du ferment ces végétations qui apparaissent, lorsque la levure est exposée à l'action de l'air sous l'influence d'une solution sucrée? Elle donne naissance alors à un véritable végétal, le *Penicilium glaucum*, mais tout porte à croire que celui-ci se forme là comme sur toute autre matière azotée, et sans liaison nécessaire avec la vie et le développement du ferment proprement dit.

Cependant, ce ne serait pas là le seul exemple d'un changement complet dans le mode d'existence d'un être organisé, occasionné par les circonstances extérieures. Sans me refuser à admettre, à priori, la possibilité d'une liaison entre ces deux états d'un même être, je me borne à exprimer ici l'opinion que les preuves données par M. Turpin à l'appui de ses idées sont insuffisantes pour les démontrer.

Nous voyons bien le ferment servir à la végétation du Penicilium glaucum, mais nous ne voyons pas comment

ce dernier reproduit le ferment, seul moyen d'établir une véritable parenté entre ces corps.

Le ferment, après tous les lavages successifs dont on a parlé plus haut, perd un peu de son énergie ; néanmoins, il conserve à un très haut degré la propriété d'exciter la fermentation, tandis que l'eau de lavage l'a presque entièrement perdue.

3479. » Par la dessiccation, la bouillie qu'il forme perd 68 p. 100 de son poids et se convertit en une masse dure, cornée, demi-transparente, qui se divise en fragments gris rougeâtres. Le contact de l'eau lui rend en peu d'instants son aspect primitif, soit à l'œil nu, soit au microscope.

» Chauffé dans un tube de verre, le ferment sec se décompose en répandant une odeur de pain brûlé et des vapeurs alcalines, et il se dépose sur les parois une huile jaune rougeâtre ; on obtient, en un mot, les produits ordinaires de la distillation des matières animales. Il reste un charbon poreux et assez dur contenant des substances salines, dont nous verrons plus loin la nature.

» Le ferment à l'état de bouillie, abandonné à l'air pendant quinze jours, a pris une couleur gris fauve, une odeur aigre, désagréable, en conservant encore une réaction acide. Au microscope, l'aspect des globules est resté le même, à cela près que leur surface paraît moins unie et comme chagrinée. Après un mois et demi, la masse devenue gris-brun, répand une forte odeur de fromage de Gruyère ; sa réaction est alors fortement alcaline. Après cinq mois d'exposition à l'air, elle ne s'est point desséchée ; elle a pris un aspect brun-terreux et s'est couverte de moisissures ; elle exhale une odeur infecte. Délayée dans un peu d'eau, elle lui communique une légère réaction alcaline. Une goutte de ce liquide montre au microscope une infinité de points ou grumeaux noirs, petits, peu réguliers, mêlés de globules très pâles, conservant encore l'aspect et les dimensions de ceux du ferment. On y distingue, en outre, quelques petits

cristaux très rares, de phosphate ammoniaco-magnésien. La couche de moisissure de la partie supérieure paraît composée de ramifications tantôt unies, tantôt intersectées ou couvertes de globules.

3580. « Le ferment à l'état de bouillie trituré avec son poids de sucre blanc, se convertit en quelques instants, et à mesure que le sucre se fond, en un liquide ayant la fluidité de l'huile d'amandes. Il perd en même temps sa couleur blanche opaque, et le liquide devient jaunâtre, demi transparent. Au microscope, même après un long contact, on y aperçoit les globules de ferment; toutefois ces globules ont sensiblement diminué de volume, les plus gros sont alors de 1/150e de millimètre. L'eau emprisonnée dans les globules a donc tout simplement servi à transformer le sucre en sirop. »

Le ferment, délayé ainsi dans du sucre ou de la mélasse, conserve pendant des années ses propriétés caractéristiques. M. Robert de Massy emploie depuis longtemps ce moyen dans sa distillerie de mélasse de betteraves, pour conserver les levures dont il fait usage. Du reste, si le sucre agit sur le ferment, dans cette circonstance le ferment réagit lui-même sur le sucre à son tour, et le convertit en sucre incristallisable.

3581. « Quand on délaye le ferment dans de l'alcool à 36°, il en résulte un liquide laiteux, caillebôté. Après 24 heures de contact, si on décante le liquide qui a acquis une belle couleur jaune, on verra qu'après quatre traitements pareils à froid l'alcool ne se colorera presque plus. Bouillant, il se colore un peu plus sans se troubler par le refroidissement. En répétant deux fois ce traitement, faisant sécher le ferment, puis reprenant par l'éther bouillant qui ne se colore pas, celui-ci soumis à la distillation, laisse pour résidu un liquide à réaction acide, qui se trouble par le refroidissement, et qui laisse déposer quelques gouttelettes d'une huile jaune citrine.

» Les lavages alcooliques soumis à la distillation, donnent un résidu qui se trouble par le refroidissement, puis laisse surnager une graisse jaune demi-solide et s'éclaircit de nouveau.

» De cet alcool éclairci et de l'éther on retire 0,55 d'une huile jaune, trouble, d'une odeur aromatique peu agréable, analogue à celle de l'orge, d'une consistance de miel épais, d'une saveur douce et aromatique, mais qui ne tarde pas à devenir âcre. Mise en contact en petite quantité avec l'acide sulfurique concentré, elle ne tarde pas à s'y dissoudre, et la solution prend bientôt une assez belle couleur rouge cerise.

» Le résidu de la solution alcoolique, dont on a séparé l'huile au moyen de l'éther, étant évaporé à siccité, se présente sous forme d'un extrait sec, fragile, légèrement hygrométrique, d'un beau rouge hyacinthe, limpide et d'une odeur aromatique agréable qui rappelle l'osmazôme. Sa saveur est d'abord piquante, puis douce et fade, et enfin elle devient âcre. Chauffé dans un tube de verre, il répand une odeur désagréable et des vapeurs alcalines. L'eau le dissout avec facilité, et forme une solution limpide qui rougit le tournesol. Le nitrate d'argent y forme un léger précipité gris-roux, complètement soluble dans un petit excès d'acide azotique; le chlorure de baryum ne le trouble pas; l'acétate de plomb y produit un précipité gris-blanc extrêmement abondant; l'oxalate d'ammoniaque en altère légèrement la transparence.

» L'extrait alcoolique dissous dans l'eau donne avec l'acétate de plomb un précipité roux, sale, abondant, contenant du phosphate de plomb. La solution, séparée de ce précipité par filtration, est alors presque complètement décolorée et privée de son odeur d'osmazôme. Débarrassée de l'excès de plomb par l'acide sulfhydrique, saturée par l'hydrate de zinc et évaporée à l'étuve, elle fournit du lactate de zinc mêlé sans doute d'acétate.

3582. » Le ferment ainsi épuisé par l'eau, l'alcool et l'éther, et séché, se présente en grumeaux d'un blanc mat pur,

friables, et se réduit facilement en une poudre blanche. Il est presque dépourvu d'odeur, et possède à peine une légère saveur fade. Humecté et mis en contact avec un papier bleu, il le rougit encore, mais faiblement. Après l'avoir ainsi humecté, si on l'examine au microscope, on voit que l'aspect des globules n'est que fort peu changé : ils ont simplement diminué de volume, leur diamètre dominant étant à peu près de 1/200 de millim., et le cercle marginal noir étant plus prononcé, ce qui leur communique un aspect général moins pâle. Du reste, leur centre paraît toujours parsemé de points noirs comme auparavant. Soumis de la sorte à l'action de différents agents, et épuisé de ses principes solubles, le ferment ne possède plus la propriété de développer la fermentation.

» Ce produit, trituré avec l'acide sulfurique concentré, s'y divise très-bien, et y forme en peu de temps une solution un peu épaisse et filante ; elle est d'abord incolore, mais elle devient ensuite jaunâtre, puis, au bout d'un jour, elle a acquis une belle couleur rouge cerise.

» Mis en contact avec l'acide nitrique concentré, le ferment ainsi épuisé y disparaît, mais lentement, en formant une solution jaune paille.

» L'acide phosphorique en solution, très concentrée et froide, n'a pas paru exercer sur ces globules d'action aussi marquée; mais à l'aide de l'ébullition, la solution s'est faite d'une manière assez complète.

» Avec l'acide chlorhydrique concentré, à la température de 20° centig., ce ferment prend d'abord une couleur jaune, puis il disparaît lentement en formant une solution violette un peu louche, dans laquelle on aperçoit à peine quelques globules.

» Avec l'acide chlorhydrique étendu de 15 parties d'eau, ces globules ne sont nullement altérés dans leur forme, et le seul changement que l'on aperçoive après l'ébullition

est la disparition presque complète des petits points noirs qui se trouvent interposés parmi les globules. L'acide acétique exerce aussi peu d'action sur le ferment. Il en est de même de la potasse caustique lorqu'on la fait agir à froid; mais quand on opère à la température de l'ébullition, ces globules sont en grande partie dissous. L'action de l'ammoniaque est analogue à celle de la potasse, seulement elle est bien moins prononcée. »

Toutes ces propriétés placent le ferment à côté de la fibrine, de l'albumine et du caséum

### FERMENTATION SACCHARINE OU GLUCOSIQUE.

3583. Les anciens chimistes avaient admis l'existence d'une fermentation saccharine; plus tard on l'a pour ainsi dire oubliée, mais aujourd'hui nombre de faits autorisent à la rétablir parmi les phénomènes de l'ordre de ceux qui nous occupent.

La fermentation saccharine est celle qui a principalement pour effet la conversion de l'amidon et de la dextrine en sucre, c'est dire qu'elle se manifeste surtout au moment de la réaction de la diastase sur l'amidon.

Mais la diastase n'est pas le seul ferment au moyen duquel la saccharification de la fécule puisse s'effectuer.

Kirchoff a fait voir, depuis longtemps, que si on mêle 2 parties de fécule transformée en empois avec 1 partie de gluten sec, et que si on maintient le mélange à la température de 50 à 60°, il se forme beaucoup de sucre et de dextrine. Une partie du gluten devenu soluble accompagne ces deux produits et peut en être séparée par la noix de galles qui la précipite. D'ailleurs, il se forme une quantité considérable d'acide lactique, par des raisons qui seront exposées plus loin.

Non seulement la diastase et le gluten déterminent la fermentation saccharine, mais toute matière fibrineuse ou al-

bumineuse semble propre à jouer ce rôle. C'est ainsi, du moins, que l'on peut s'expliquer comment il se fait que la fécule ou l'amidon mis en empois et abandonnés à eux-mêmes, donnent naissance à une quantité plus ou moins considérable de sucre.

Il faut remarquer que si une température assez élevée qui va jusques à 50 à 60° est utile pour rendre plus prompte cette conversion de l'amidon en sucre sous l'influence du gluten ou de la matière albumineuse que les fécules renferment naturellement, cette température n'est pas indispensable. A froid, cette réaction s'opère aussi, mais plus lentement.

Quand on compare ces divers faits, il paraît évident que la diastase n'est qu'une simple modification d'une partie du gluten ou de la matière albumineuse qui accompagne les fécules. On est conduit à admettre, en outre, que dans les fermentations saccharines déterminées par le gluten ou par la matière albumineuse des fécules, il se développe d'abord à leurs dépens de la diastase elle-même. La diastase semble donc être le seul ferment convenable à la fermentation saccharine ; elle se forme dans les phénomènes de la germination et elle se produirait aussi, sous l'influence de l'air, aux dépens du gluten ou des matières albumineuses qui lui donnent naissance dans la germination elle-même.

D'ailleurs, remarquons que l'amidon dans la fermentation dextrinique fixe de l'eau, et que dans la fermentation saccharine la dextrine éprouve une simple modification moléculaire.

### FERMENTATION LACTIQUE.

3584. D'après MM. Boutron et Frémy, presque toutes les matières organisées azotées, soit qu'elles proviennent des plantes, soit qu'elles aient été fournies par des animaux, peuvent, lorsqu'elles ont été modifiées par le contact de

l'air, déterminer la fermentation lactique. L'oxygène n'intervient donc que comme moyen de transformation de la matière animale en ferment. La diastase et le caséum sont très propres à subir ce changement.

La substance qui doit fournir l'acide lactique peut être l'une quelconque des matières végétales neutres ayant la même composition que l'acide lactique et en particulier le sucre de cannes, le sucre de raisin, la dextrine, le sucre de lait.

Comme ces corps ont la même composition que l'acide lactique lui-même, ou bien que s'ils en diffèrent, c'est parce qu'ils renferment un peu plus ou un peu moins d'eau ; il est facile de voir que la fermentation lactique consistera en un simple changement moléculaire accompagné d'une perte ou d'une fixation d'eau, selon le cas.

Tous les agents qui arrêtent la fermentation alcoolique produisent le même effet sur la fermentation lactique.

Parmi les ferments qui déterminent celle-ci, la diastase et le caséum méritent une mention spéciale. En effet, la diastase récemment préparée ou rapidement séchée convertit l'amidon en dextrine et la dextrine en sucre ; mais la diastase qu'on a gardée pendant quelques jours dans un air humide s'y transforme en un nouveau ferment qui devient alors capable de faire subir à la dextrine ou à l'amidon la fermentation lactique. Il suffit donc, pour produire une grande quantité d'acide lactique, d'humecter de l'orge germée, de la laisser à l'air pendant deux ou trois jours, de la broyer et de la délayer dans l'eau, où on l'abandonne encore pendant quelques jours à une température de 25 ou 30°. En saturant ce liquide par la chaux, après l'avoir filtré, on obtient du lactate de chaux, qu'on fait cristalliser dans l'alcool pour le dépouiller de dextrine et de phosphates terreux.

La fermentation lactique déterminée par le caséum présente des phénomènes plus remarquables ; en effet, quand

on abandonne le lait à lui-même, il s'aigrit et se coagule comme on sait. Le coagulum est formé de caséum et de beurre ; le petit lait renferme du sucre de lait et des sels. Or, la coagulation du caséum est effectuée par l'acide lactique, et celui-ci a pris naissance en vertu d'une action que le caséum lui-même exerce sur le sucre de lait. Ainsi, avec le concours de l'air, le caséum devient ferment, il excite la conversion du sucre de lait en acide lactique. A son tour, l'acide lactique coagule le caséum, dont les particules, en se réunissant, ramassent le beurre et l'entraînent. Dès lors, le caséum cesse d'agir sur le sucre de lait et la formation d'acide lactique s'arrête.

Mais qu'on vienne à saturer l'acide lactique formé, le caséum se redissoudra et les phénomènes pourront recommencer dans le même ordre. C'est ce qui arrive si on sature le lait aigri, au moyen du bicarbonate de soude. Au bout de trente à quarante heures, on peut constater qu'une nouvelle quantité d'acide lactique s'est formée et que le lait s'est caillé comme la première fois. Rien n'empêche de recommencer encore. Bien plus, quand on a détruit tout le sucre de lait, on peut en ajouter au liquide et convertir, à l'aide du même ferment, des quantités considérables de ce sucre en acide lactique. A la longue, pourtant, cette propriété se perd.

On sait que le lait ne se coagulerait pas s'il était conservé à l'abri de l'air ; on sait aussi qu'il suffit de le faire bouillir quelques instants chaque jour pour le préserver de coagulation pendant des mois entiers. Dans tous ces cas, il suffit donc de préserver le caséum de cette altération que lui cause le contact de l'air, pour l'empêcher de revêtir tous les caractères du ferment lactique.

Les membranes animales modifiées par un séjour dans un air humide un peu prolongé constituent un véritable ferment pour la fermentation lactique ; elles acidifient ra-

pidement les sucres, les gommes, la dextrine. Cependant, ces matières se modifiant elles-mêmes assez rapidement deviennent propres à exciter d'autres fermentations avec les mêmes produits. Il faut donc en faire usage avec précaution et vérifier leur état avant de s'en servir.

Ainsi, les membranes de l'estomac de divers animaux, des morceaux de vessie pris à l'état frais et bien lavés ne produisent pas la fermentation lactique. Un séjour à l'air humide les rend propres à la déterminer. Une altération plus avancée leur ôte cette propriété, en leur en donnant de nouvelles qui n'ont point été examinées avec toute l'attention convenable.

Ajoutons que les moyens qui s'opposent à la fermentation alcoolique, s'opposent aussi à la fermentation lactique.

En considérant la composition du sucre de cannes, du sucre de lait et du sucre d'amidon, on voit que ces corps pour se convertir en acide lactique n'ont besoin que de gagner ou de perdre une certaine quantité d'eau ou de ses éléments.

### FERMENTATION VISQUEUSE.

3585. Tout le monde connaît cette modification spontanée des vins blancs qui les rend filants ou comme huileux, et qui est désignée dans le commerce sous le nom de *graisse des vins*. Nous examinerons ailleurs cette maladie plus en détail sous le rapport pratique ; ici nous nous bornerons à établir et à caractériser ce fait.

Le phénomène remarquable qui s'observe dans les vins blancs se reproduit assez souvent en été dans des potions ou juleps contenant de l'eau, du sucre et quelques matières organiques. Ces liquides prennent spontanément l'aspect glaireux du blanc d'œuf.

On retrouve les mêmes effets dans les infusions des tanneries.

M. Desfosse a reconnu que pour exciter la fermentation visqueuse il suffit de faire bouillir de la levure de bière avec de l'eau, et de dissoudre du sucre dans cette décoction préalablement filtrée. Il faut employer assez de sucre pour que la dissolution marque 6 à 8° au pèse sirop, et maintenir le liquide dans un endroit chaud. Il prend bientôt la consistance et l'aspect d'un mucilage épais de graine de lin. Il se dégage un peu de gaz carbonique et de gaz hydrogène pendant cette réaction, dans le rapport de 2 ou 3 d'acide pour 1 d'hydrogène.

M. Péligot, de son côté, s'est assuré que lorsque ce phénomène se présente, il se développe dans la masse un ferment en globules, très analogue à la levure de bière pour l'aspect microscopique. Une fois développé, ce ferment engendre à volonté la fermentation visqueuse dans les dissolutions sucrées auxquelles on l'ajoute, pourvu que la température soit favorable.

Le gluten cède également à l'eau bouillante une matière très propre à déterminer la fermentation visqueuse. Quand elle paraît accomplie, ajoute-t-on de la levure bien lavée, il s'établit une véritable fermentation alcoolique qui détruit la portion de sucre non atteinte par la fermentation visqueuse. En filtrant ensuite la liqueur et la laissant évaporer à une basse température, on obtient pour résidu la matière qui donne la viscosité à l'eau.

Elle est en plaques demi-transparentes, d'une saveur fade, solubles dans l'eau, mais moins aisément que la gomme arabique. Elle fait un mucilage plus épais que cette dernière. L'acide nitrique ne donne avec elle que de l'acide oxalique, sans acide mucique.

Quatre grammes de sucre ainsi traité ont fourni :

| | |
|---|---|
| Sucre non altéré..... | 2,84 |
| Mucilage..... | 1,27 |
| | 4,11 |

D'où il suit que 116 de sucre ont donné 127 de mucilage, ce qui indique une fixation d'eau pendant sa formation.

Les acides chlorhydrique, sulfurique, sulfureux, l'alun lui-même empêchent la fermentation visqueuse en précipitant son ferment.

Comme il est très vraisemblable que le gluten est lui-même l'origine de la levure de bière, on peut dire que la partie soluble du gluten constitue le ferment capable de déterminer la fermentation visqueuse.

Cette conséquence a été fort habilement mise à profit par M. François, qui en a tiré un excellent procédé pratique pour empêcher ou arrêter la graisse des vins. Il a vu qu'une addition de tannin, qui précipite le ferment, remplissait parfaitement ce but.

C'est au tannin qu'ils ont emprunté à la rafle avec laquelle ils ont été longtemps en contact pendant la fermentation que les vins rouges doivent de n'être pas sujets à la graisse.

Il suffit donc de restituer aux vins blancs ce tannin qui leur manque pour les débarrasser de cette fâcheuse propriété.

En considérant le rôle des divers produits que le raisin renferme, on voit que le gluten contenu dans le mout se partage en deux parties. L'une, soluble dans l'eau à la faveur de l'alcool et de l'acide tartrique, constitue le ferment convenable à la fermentation visqueuse; l'autre, insoluble, se dépose et constitue bientôt le ferment capable de produire la fermentation alcoolique.

Il y a donc dans le gluten la matière première de deux ferments qui produisent le vin ou qui l'altèrent. Précipiter celui qui est nuisible, sans arrêter l'action de celui qui est nécessaire, c'est l'art délicat du fabricant du vin blanc, surtout quand il s'agit de le convertir en vin mousseux.

Les changements que le sucre éprouve pendant la fermentation visqueuse sont mal connus. Le produit prin-

cipal consiste évidemment en cette matière analogue à la pectine ou au mucilage qui donne la consistance au liquide, mais il peut y avoir d'autres produits secondaires. D'ailleurs, l'analyse de cette matière mucilagineuse reste à exécuter.

Dans beaucoup de circonstances on a eu occasion de constater la présence de la mannite dans des produits sucrés qui avaient passé par la fermentation visqueuse. Il n'est pourtant pas prouvé que la mannite soit un produit nécessaire de cette réaction, et il serait fort possible que sa production fût la conséquence de l'action d'un ferment spécial; c'est ce qu'une étude ultérieure pourra apprendre.

### FERMENTATION ACIDE.

3586. L'alcool renferme $C^8 H^{12} O^2$. Dans certaines circonstances il peut perdre quatre volumes d'hydrogène et donner ainsi naissance à un corps nouveau, l'aldéhyde qui renferme conséquemment $C^8 H^8 O^2$. A son tour, ce dernier corps absorbe deux volumes d'oxygène quand il est exposé à l'air, et produit ainsi l'acide acétique $C^8 H^8 O^4$.

Par une première action de l'oxygène, l'alcool est donc déshydrogéné en partie. Plus tard, il absorbe de l'oxygène et s'acidifie.

Ces résultats s'obtiennent en exposant la vapeur d'alcool mêlé d'air à l'action du platine en éponge, ou du platine plus divisé encore qu'on appelle noir de platine.

Ils s'obtiennent aussi dans tous les procédés relatifs à la fabrication du vinaigre. Le vin, la bière, le cidre, les liqueurs alcooliques convenablement étendues ont également la propriété de produire par leur alcool et avec le concours de l'air, de l'aldéhyde d'abord, puis de l'acide acétique. Dans ce dernier cas, tout le monde s'accorde à reconnaître que les phénomènes de l'acétification s'accomplissent sous l'influence d'un ferment spécial qui se développe pendant la formation du vinaigre, et qui serait propre à la déterminer

de nouveau. Je suis forcé d'avouer que ma conviction est loin d'être complète à ce sujet. Les expériences sur lesquelles repose l'existence d'une fermentation acétique, celles qui feraient connaître la nature propre de ce ferment, enfin les réactions chimiques qui se passent dans l'acétification, tout concourt à mes yeux pour classer ce phénomène un peu en dehors de la série des fermentations proprement dites.

Toute fermentation a pour effet de dissocier un corps en des composés doués de formules plus simples. Sous cette influence, les matières organiques complexes se défont et prennent peu à peu les formes qui conviennent à la chimie minérale. Sous ce rapport, la fermentation acétique différerait des autres. Elle aurait pour résultat l'union de deux corps, l'alcool ou l'aldéhyde à l'oxygène de l'air. C'est le seul cas où la fermentation produirait un effet d'une telle nature, une véritable combustion.

Cependant il faut avouer qu'à beaucoup d'égards la fermentation acétique semble réunir tous les caractères que nous retrouvons dans les autres, c'est à dire le concours d'une matière organisée et d'une matière organique servant l'une de ferment et l'autre de matière fermentescible.

Le ferment se trouverait dans cette matière muqueuse, qu'on désigne sous le nom de *mère du vinaigre*.

C'est cette masse mucilagineuse et gélatineuse qui se montre à la surface du vinaigre pendant la fermentation acide. Elle commence à paraître quand le vinaigre se forme, et sa production continue pendant toute la durée de l'acétification. Ce n'est d'abord qu'une pellicule composée de granules bien plus minces que les globules de la levure; le plus souvent ils sont disposés sans ordre. Plus tard, la pellicule s'épaissit, prend de la consistance, montre des granules mieux arrêtés, et acquiert une disposition à se diviser en lanières.

On ignore le mode de reproduction de ces globules : la

matière paraît du reste avoir quelques rapports avec le produit qui se dépose dans les eaux minérales sulfureuses, c'est à dire la barégine.

3587. Si l'étude du ferment acétique laisse, comme on voit, quelques doutes, il faut dire cependant d'un autre côté que la conversion de l'alcool en acide acétique ne se fait jamais sans le concours d'une substance albumineuse et sans la réunion des conditions favorables à toutes les fermentations, auxquelles s'ajoute l'intervention nécessaire de l'air, non seulement à l'origine du phénomène, mais pendant toute sa durée.

Ainsi, toute liqueur alcoolique affaiblie contenant une matière albumineuse ou quelque ferment, peut au contact de l'air et par une température de 20 ou 30° donner naissance à du vinaigre.

Si on augmente la richesse en alcool, si on fait disparaître la matière animale, si on abaisse ou si on élève trop la température, le phénomène de l'acétification s'arrête.

Il y a donc là beaucoup d'indices qui portent à admettre l'existence d'un ferment propre et d'une fermentation bien caractérisée. D'autre part, il faut néanmoins remarquer que la production de l'acide lactique est venue souvent faire illusion aux observateurs, et qu'ils ont produit une véritable fermentation lactique dans quelques circonstances où ils croyaient déterminer la fermentation acétique elle-même.

Il n'est donc pas inutile de faire ressortir les différences entre ces deux fermentations.

La fermentation acétique exige la présence de l'alcool tout formé et celle de l'air.

La fermentation lactique peut, au contraire, s'effectuer avec des matières amylacées ou sucrées; elle ne fait pas intervenir l'alcool, elle n'exige nullement le concours continu de l'air. Une fois commencée, elle peut s'en passer.

La fermentation acétique présente, du reste, une analogie évidente et peut-être profonde avec le phénomène de

la nitrification. Ce qui frappe à la plus légère observation, c'est la nécessité d'une température un peu haute, c'est l'utilité des corps poreux qui divisent le liquide et l'air. On conçoit qu'en présence de ces circonstances, qu'en présence d'ailleurs des faits découverts par M. Kulhmann, concernant la production de l'acide azotique, on soit conduit à rapprocher ces phénomènes.

Ainsi l'oxyde d'ammonium $Az^2 H^8 O$, en présence de l'éponge de platine et de l'air, peut s'oxyder et produire de l'acide azotique $Az^2 O^5$. Il suffit, pour déterminer cette combustion, de faire passer le mélange gazeux au travers d'un tube plein d'éponge de platine chauffée faiblement.

M. Jacquelain s'est assuré que la pierre ponce peut produire les mêmes effets à une température convenable sur un mélange d'acide sulfureux et d'oxygène.

On sait d'ailleurs comment, dans les nitrières et les terrains nitrifiables, la chaux ou la potasse se nitrifient en présence de l'air et des émanations ammoniacales quand elles sont disséminées dans des corps poreux.

De même, sous l'influence du platine spongieux, l'alcool $C^8 H^{10} O, H^2 O$ et l'air peuvent, par une véritable oxydation de l'éther $C^8 H^{10} O$, donner l'aldéhyde $C^8 H^8 O^2$, qui se convertit plus tard en acide acétique $C^8 H^6 O^3$.

Cette oxydation se produit également dans les tonneaux qui renferment du vin et qui sont à moitié vides, par exemple, en vertu de la capillarité qui amène successivement diverses parties du liquide le long des parois, et qui permet ainsi à l'air d'agir sur elles, pendant qu'elles sont divisées dans la masse des corps poreux déposés à la surface du bois. Le vinaigre se forme encore mieux quand on place dans le tonneau à l'avance des raffles de raisin qui en remplissent la capacité, et qui, divisant le vin et l'air, multipliant les surfaces, offrent à un très haut degré ces contacts par l'intermédiaire d'un corps poreux qui paraissent nécessaires.

M. Schutzembach a obtenu le même résultat en dirigeant un mélange d'alcool avec quatre ou cinq parties d'eau et un peu de jus de betteraves sur des copeaux de chêne renfermés dans une cuve où l'air se renouvelle aisément.

Enfin, dans quelques pays on acidifie le cidre en le faisant couler le long d'une corde suspendue dans l'air, circonstance où se trouvent réunies au plus haut degré les conditions que nous venons d'indiquer.

Ainsi dans la nitrification nous voyons l'oxyde d'ammonium, l'air et les corps poreux jouer le principal rôle; dans l'acétification nous voyons l'oxyde d'éthyle, l'air et les corps poreux remplir les mêmes conditions.

Dans ces deux phénomènes il est des cas, sans doute, où une intervention mystérieuse encore de quelques matières organiques peut faire penser qu'ils se rattachent l'un et l'autre aux fermentations proprement dites, mais tant qu'on n'aura pas montré les ferments dont il s'agit, isolés de toute autre matière et produisant les phénomènes qu'on leur attribue, il pourra rester des doutes sur la réalité de leur existence.

Nous reviendrons plus loin sur la partie pratique de la fabrication du vinaigre.

3588. Comme la théorie de l'acétification exige la connaissance de quelques corps qui n'ont pas été décrits dans l'histoire de l'acide acétique, nous allons en résumer ici les propriétés d'après les expériences de M. Liébig. Ces corps sont l'*aldéhyde* ou alcool déshydrogéné, l'*acide acéteux* et quelques produits dérivés de ces deux matières.

### HYDRURE D'ACÉTYLE (*Aldéhyde*).

3589. L'aldéhyde dont nous avons déjà donné la formule plus haut peut se rapporter à l'alcool qui sert à le produire; auquel cas, il constitue de l'alcool déshydrogéné,

$$C^8 H^{12} O^2 - H^4 = C^8 H^8 O^2.$$

Ou bien, c'est un corps du même type que l'éther et pouvant se former à ses dépens par substitution,

$$C^8 H^{10} O - H^2 + O = C^8 H^8 O^2.$$

C'est ce dernier point de vue qui rend le mieux raison de sa nature et de sa formation.

L'aldéhyde se comporte comme un hydracide, car il jouit comme eux de la faculté de s'unir avec l'ammoniaque à volumes égaux, sans l'intervention de l'équivalent d'eau qui entre dans la composition de tous les sels formés par des oxacydes.

Envisagé de cette manière, l'aldéhyde pourrait se formuler comme l'hydrure de benzoïle auquel l'ensemble de ses propriétés le rattache manifestement. On aurait ainsi :

$C^8 H^6 O^2, H^2$ aldéhyde ;

$C^8 H^6 O^2 O$, acide acétique ;

de même qu'on a

$C^{28} H^{10} O^2 H^2$ hydrure de benzoïle ;

$C^{28} H^{10} O^2, O$ acide benzoïque.

Ainsi, sans prétendre que les corps qu'on appellerait benzoïle $C^{28} H^{10} O^2$ ou acétyle $C^8 H^6 O^2$ aient une existence indépendante et réelle, on est conduit à formuler du moins de la même manière les composés où on admet leur existence.

Il faudrait dans tous les cas rapprocher l'essence d'amandes et l'aldéhyde de l'acide cyanhydrique pour bien comprendre leurs propriétés caractéristiques.

L'aldéhyde appartient d'ailleurs à une série de corps formés sur un même type moléculaire, savoir :

| | |
|---|---|
| L'éther..... | $C^8 H^{10} O$, |
| L'aldéhyde..... | $C^8 H^8 O$, |
| | $O$ |
| L'acide acétique..... | $C^8 H^6 O$, |
| | $O^2$, |
| Le chloral..... | $C^8 H^2 O$, |
| | $Ch^6$, |
| | $O$. |

Il existe une connexion évidente entre le chloral et l'aldéhyde.

L'acétal déjà décrit (3242) aurait une formule rationnelle assez simple, en admettant qu'il renferme de l'aldéhyde. Il serait représenté en effet par

$$C^8 H^8 O^2, C^8 H^{10} O;$$

c'est à dire par deux molécules d'éther, dont l'une se trouverait convertie en aldéhyde par substitution. La densité de sa vapeur pourrait contrôler cette formule.

3390. L'aldéhyde est un liquide incolore, très mobile, d'une odeur éthérée particulière et suffocante; il possède un pouvoir réfringent assez faible, et bout à 21°,8 cent.; sa pesanteur spécifique est de 10,790 à 18° c.; il se mêle avec l'eau, l'alcool et l'éther, en toutes proportions. On peut le séparer de l'eau au moyen du chlorure de calcium, qui s'empare de l'eau et qui met l'aldéhyde en liberté. Il est sans action sur les couleurs végétales; il brûle avec une flamme blanche fort pâle. Ce composé renferme :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 at. carbone..... | = 305,7 | — | 55,2 |
| 8 at. hydrogène... | = 49,9 | — | 8,8 |
| 2 at. oxygène..... | = 200,0 | — | 36,0 |
| | 555,6 | — | 100,0 |

L'aldéhyde se produit en dirigeant des vapeurs d'éther ou d'alcool à travers un tube chauffé au rouge obscur; il se produit également, quand on traite par le chlore l'alcool étendu et dans l'action de divers corps oxydants sur l'alcool. On en obtient par cette raison une certaine quantité dans la fabrication du vinaigre; il s'en forme aussi dans la distillation du bois.

Doebereiner a reconnu le premier qu'en distillant un mélange d'acide sulfurique concentré, d'alcool et de peroxyde de manganèse, on obtient un liquide qui se colore en brun quand on le chauffe avec de la potasse; il a vu aussi que

les acides produisent ensuite dans la liqueur un précipité brun résineux. M. Liébig est parvenu à isoler l'aldéhyde de ces produits.

Pour l'obtenir pur, on le convertit en ammonialdéhyde cristallisé, d'où on sépare l'aldéhyde en distillant au bain-marie un mélange de deux parties d'ammonialdéhyde dissoutes dans deux parties d'eau, et de trois parties d'acide sulfurique étendu de quatre parties d'eau; on recueille le produit dans un récipient entouré de glace, on le rectifie ensuite sur du chlorure de calcium, en ayant soin que la température du bain ne dépasse pas 25 à 30°.

Mis en contact avec l'oxygène, l'aldéhyde l'absorbe et se convertit en acide acétique hydraté.

Il dissout le phosphore, le soufre et l'iode.

Le chlore et le brôme le décomposent en produisant de l'acide chlorhydrique ou brômhydrique, et des produits oléagineux chlorés ou brômés.

Traité par l'eau chlorée ou l'acide nitrique étendu, il se transforme en acide acétique. Avec l'acide sulfurique concentré il s'épaissit, brunit et abandonne au bout de quelque temps des flocons charbonneux.

En chauffant sa dissolution aqueuse avec de l'hydrate de potasse, le mélange ne tarde pas à brunir; il s'en sépare bientôt un corps brun clair, qui surnage et se laisse tirer en fils, comme de la résine.

Chauffé avec de l'eau et de l'oxyde d'argent, il réduit ce dernier sans dégagement de gaz, en tapissant les parois du vase d'une couche miroitante de métal; il reste un sel d'argent en dissolution.

Toutes les liqueurs, qui contiennent de l'aldéhyde, se comportent de la même manière lorsqu'on y verse quelques gouttes d'ammoniaque caustique, et ensuite une quantité de nitrate d'argent suffisante pour faire disparaître la réaction alcaline. Ce caractère, ainsi que la formation de la

résine par la potasse, sont les propriétés distinctives de l'aldéhyde.

A la longue, l'aldéhyde se transforme spontanément en deux autres corps, qui possèdent la même composition que lui; l'un d'eux, le *métaldéhyde*, est solide à la température ordinaire, l'autre est liquide et s'appelle *élaldéhyde*.

3591. *Ammonialdéhyde.* — Ce beau produit qu'on cherche toujours à former quand on veut se procurer de l'aldéhyde pur, renferme, d'après M. Liébig, $C^8 H^8 O^2, Az^2 H^6$, c'est à dire :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 at. de carbone..... | = | 305,7 | — 39,7 |
| 14 at. d'hydrogène..... | = | 87,3 | — 11,3 |
| 2 at. d'azote..... | = | 177,0 | — 23,0 |
| 2 at. d'oxygène..... | = | 200,0 | — 26,0 |
| 1 at. d'aldéhyd. amm. | = | 770,0 | —100,0 |

Doebereiner l'a obtenu le premier en saturant l'acétal brut par du gaz ammoniac; les recherches de M. Liébig ont montré la véritable nature de ce corps.

On le prépare en distillant, à une douce chaleur, un mélange de 6 parties d'acide sulfurique, 4 parties d'eau, 4 parties d'alcool de 80/100$^e$ et 6 parties de peroxyde de manganèse bien pulvérisé. La cornue doit être assez grande pour contenir le triple du mélange. On recueille le produit dans un récipient entouré de glace. Lorsque la masse cesse de se boursouffler dans la cornue, on retire le liquide passé pour le rectifier à deux reprises sur le chlorure de calcium. De cette manière on obtient enfin un liquide qui n'est presque que de l'aldéhyde, mélangé d'un peu d'alcool, d'eau, et d'éther acétique ou formique. On le mélange ensuite avec de l'éther, et on le sature par du gaz ammoniac; il se sépare bientôt des cristaux, qu'on lave avec de l'éther. Après les avoir séchés à l'air, on les obtient parfaitement purs.

L'aldéhydate d'ammoniaque cristallise en rhomboèdres

aigus d'un volume assez considérable, incolores, fragiles et faciles à réduire en poudre. Ces cristaux, transparents et d'un grand éclat, possèdent un pouvoir réfringent assez fort. Ils répandent une odeur de térébenthine. Ils fondent entre 70 et 80°, et distillent sans altération à 100°. Chauffés à l'air libre, ils laissent un résidu brun et résineux. Ils sont inflammables et brûlent avec une flamme jaune.

Ce sel brunit peu à peu à l'air, et même dans des flacons bien bouchés, en prenant une odeur de plume brûlée. La meilleure manière de le conserver consiste à le couvrir d'une couche d'éther pur; néanmoins il s'altère encore à la longue.

Il se dissout dans l'eau en toutes proportions en donnant une liqueur alcaline; l'alcool le dissout plus facilement à chaud qu'à froid; il est soluble dans l'acétal et dans l'éther acétique. Il est très peu soluble dans l'éther, de sorte que si l'on ajoute de l'éther à une dissolution de ce sel dans l'alcool, l'éther acétique ou l'acétal, il s'en dépose par une évaporation lente en cristaux réguliers assez volumineux.

Le nitrate d'argent produit dans une dissolution concentrée de ce sel, un précipité très soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, et qui renferme de l'acide nitrique, de l'oxyde d'argent, de l'ammoniaque et de l'aldéhyde; quand on le chauffe, il se réduit en dégageant de l'aldéhyde.

3593. *Acétylures.* L'hydrogène de l'aldéhyde $C^8 H^6 O^2, H^2$ peut être remplacé par un métal. Quand on introduit des morceaux de potassium dans de l'aldéhyde, celui-ci ne tarde pas à bouillir par suite de l'élévation de la température; une partie en est décomposée, il se dégage de l'hydrogène et il reste après l'opération une combinaison alcaline solide. Cette combinaison est soluble dans l'eau et réduit les sels d'argent à l'aide de la chaleur. Elle est décomposée par les acides, sans qu'on puisse observer de dégagement d'aldéhyde. Elle doit renfermer cependant $C^8 H^6 O^2, K$.

3594. *Résine d'aldéhyde.* C'est un produit de la décom-

position de l'aldéhyde par les alcalis caustiques avec le concours de l'eau ; il se forme aussi, quand on expose une solution alcoolique de potasse à l'action de l'air.

On ignore, jusqu'à présent, l'espèce de décomposition que subit l'aldéhyde en se transformant dans ce corps ; on sait seulement que ce dernier n'est pas le seul produit qui résulte de cette action.

En distillant un mélange de 1 partie d'aldéhyde et 4 parties d'eau avec de l'hydrate de chaux ou de potasse, il passe un liquide inflammable soluble dans l'eau, d'une odeur spiritueuse, et qui irrite vivement les yeux. Dans la cornue, on remarque au-dessus de la liqueur alcaline une masse molle, jaune brunâtre, qui se dissout facilement dans l'alcool ou dans une dissolution étendue de potasse, et qui en est précipitée soit par les acides, soit lorsqu'on évapore la dissolution.

Cette résine semble éprouver à l'air une décomposition continue. Pulvérisée et chauffée à 100°, elle répand une odeur de savon désagréable, et quelquefois elle prend feu spontanément.

3595. *Elaldéhyde.* L'élaldéhyde, découvert par M. Fehling, se forme par la condensation des éléments de l'aldéhyde, comme le chloral insoluble, qui d'après M. Régnault, n'est qu'une modification du chloral ordinaire.

Quand on abandonne, pendant quelque temps, de l'aldéhyde pur et anhydre à la température de 0°, il perd peu à peu la propriété de se mêler avec l'eau, et se transforme en une masse cohérente composée de longues aiguilles transparentes semblables à de la glace.

A + 2°, elles fondent en un liquide incolore, analogue à l'éther, plus léger que l'eau, et possédant l'odeur de l'aldéhyde à un faible degré. Ce liquide bout à 94° ; sa vapeur est très inflammable et brûle avec une flamme bleue. Il ne brunit pas quand on le chauffe avec de la potasse, est sans action sur l'oxyde d'argent, et ne se combine pas avec

l'ammoniaque ; à froid, l'acide sulfurique concentré le brunit ; si l'on vient à chauffer le mélange, il noircit.

La composition de l'élaldéhyde est la même que celle de l'aldéhyde ; mais d'après la densité de sa vapeur il faut tripler la formule, ce qui donne $C^{24} H^{24} O^{6}$. En effet, la densité trouvée est = 4,457 ; le calcul donne 4,594, ce qui correspond à 3 vol. d'aldéhyde condensés en un seul.

3596. *Métaldéhyde.* Le métaldéhyde est, comme le précédent, un produit de la condensation des éléments de l'aldéhyde. Il a été découvert par M. Liébig.

En abandonnant l'aldéhyde à lui-même dans un vase bien bouché, à la température ordinaire, on voit s'y déposer de longues aiguilles blanches et transparentes ou des prismes incolores qui prennent peu à peu une certaine dimension.

La formation de ces crystaux est singulièrement favorisée par les aspérités du chlorure de calcium, avec lequel l'aldéhyde est en contact. Il arrive quelquefois qu'ils disparaissent d'eux-mêmes sans qu'on puisse les retrouver dans le liquide.

Le métaldéhyde cristallise en prismes durs, à base carrée, très friables ; il se volatilise à 120° sans fondre. Sa vapeur se condense dans l'air en flocons neigeux, très légers. Il est insoluble dans l'eau, se dissout très bien dans l'alcool et cristallise de nouveau de cette solution. Sa composition est la même que celle de l'aldéhyde.

La détermination de la densité de la vapeur de ce corps conduira probablement, comme pour le précédent, à une constitution bien différente de celle de l'aldéhyde.

La grande facilité avec laquelle l'aldéhyde se transforme en d'autres corps qui jouissent de propriétés entièrement différentes, explique pourquoi l'action du chlore sur cette substance fournit des produits très variés et différents de ceux que le même agent donne avec l'alcool. On devait s'attendre à voir l'aldéhyde se convertir régulièrement et

complètement en chloral sous l'influence du chlore ; mais tous les essais faits dans ce but ont fourni tantôt une liqueur chlorée qui devenait solide et blanche par le contact de l'acide sulfurique, et dont l'odeur rappelait celle du chloral insoluble, tantôt des matières totalement différentes du chloral.

Cependant la transformation que le chloral éprouve spontanément le rapproche tellement de l'aldéhyde, qu'un rapport très intime entre la constitution de ces deux corps ne saurait certainement être méconnu, et qu'il faut attribuer à des modifications isomériques la difficulté qu'on éprouve à les altérer sans les sortir de leur type.

3597. *Acide acéteux.* Cet acide, connu depuis longtemps sous le nom d'acide lampique, et désigné plus tard par M. Liébig sous celui d'acide aldéhydique, renferme :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 at. carbone..... | = 305,7 | — | 46,6 |
| 8 at. hydrogène..... | = 49,9 | — | 7,6 |
| 3 at. d'oxygène..... | = 300,0 | — | 45,8 |
| 1 at. acide acéteux hydraté. | = 655,6 | — | 100,0 |

L'acide anhydre, $C^4 H^6 O^2_2$, est supposé contenir :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 at. carbone..... | = 305,7 | — | 66,5 |
| 6 at. hydrogène..... | = 37,4 | — | 6,9 |
| 2 at. d'oxygène..... | = 200,0 | — | 36,8 |
| 1 at. d'acide acéteux anhydre. | = 543,1 | — | 10,0 |

Il se forme quand on chauffe de l'oxyde d'argent dans de l'aldéhyde, et reste dans la dissolution en combinaison avec l'oxyde métallique. En précipitant l'argent par l'hydrogène sulfuré, on obtient un liquide franchement acide, qui est l'acide aldéhydique pur étendu d'eau.

Dans cet état, il rougit le tournesol, possède une saveur acide et piquante, neutralise les bases, et cependant on n'est pas parvenu à obtenir ses sels à l'état de pureté. Quand on évapore les dissolutions des sels alcalins, elles brunis-

sent dès la première impression de la chaleur, et l'acide se transforme en acide acétique et en corps résineux analogue à la résine d'aldéhyde. Evaporées dans le vide, elles prennent une couleur jaune. Traitées à froid par l'acide sulfurique, ces dissolutions noircissent en dégageant une odeur qui irrite vivement les yeux.

Lorsqu'on traite une dissolution d'aldéhydate de baryte par du nitrate d'argent ou de mercure, il se sépare, par la chaleur, de l'argent ou du mercure métallique, sans qu'il y ait effervescence; la dissolution contient alors de l'acétate de baryte pur.

L'aldéhyde chauffé avec de l'oxyde d'argent produit un sel d'argent soluble, en réduisant une partie de l'oxyde à l'état métallique; la dissolution de ce sel d'argent traitée par l'eau de baryte, laisse précipiter tout l'oxyde d'argent; si on chauffe ce précipité dans la dissolution du sel de baryte nouvellement formé, l'oxyde d'argent est complètement réduit et l'on obtient de l'acétate neutre de baryte.

On se rend aisément compte de ces faits en supposant que l'aldéhyde donne avec l'oxyde d'argent un sel $C^8 H^6 O^2$, $Ag O$, dont les éléments sous l'influence de la baryte produiraient ensuite $C^8 H^6 O^3$, $Ba O$ en mettant Ag en liberté.

L'acide acéteux, d'après M. Liebig, jouerait un rôle dans les produits acides de la lampe aphlogistique de Davy. Ce produit renferme manifestement plusieurs acides.

Lorsqu'on fixe un fil de platine tourné en spirale au dessus de la mèche d'une lampe alimentée par de l'alcool ou de l'éther, et qu'on éteint la lampe dès que le fil est incandescent, on sait qu'il demeure rouge tant qu'il peut arriver des vapeurs d'alcool ou d'éther autour de lui. Il s'exhale une odeur particulière qui provoque le larmoiement, et si on place la lampe au dessous d'un condenseur, on obtient un liquide renfermant plusieurs acides, parmi lesquels on distingue notamment l'acide formique.

Les sels à base alcaline que M. Daniell a préparés avec ce

produit avaient, à peu de chose près, la même composition que les acétates ; mais ils en différaient par leurs réactions avec les sels d'argent et de mercure. Chauffés avec ces sels, ceux-ci se réduisaient en dégageant de l'acide carbonique. Une partie du métal restait en dissolution à l'état d'acétate. Cette propriété conduisit Connell à supposer que cet acide était un mélange d'acide acétique et d'acide formique, opinion que je serais disposé à partager. Comme les sels de cet acide, à base alcaline, brunissent fortement quand on les évapore, et que l'acide isolé lui-même noircit beaucoup avec l'acide sulfurique, il faudrait admettre que le mélange contient en outre de l'aldéhyde.

### FERMENTATION BENZOÏQUE.

3598. C'est celle qui transforme une matière azotée, neutre, cristallisée et sans action sur l'économie animale, existant dans les amandes amères, en produits nouveaux et remarquables, parmi lesquels figurent l'hydrure de benzoïle et l'acide cyanhydrique constituant ensemble l'essence d'amandes amères, dont on connaît la volatilité et le pouvoir vénéneux.

C'est assez dire le rang élevé que la fermentation benzoïque doit occuper dans l'opinion des amis de la science. C'est à elle que se rattachent les plus belles découvertes de Robiquet, et l'une des séries d'analyses les plus heureuses, celles de MM. Voehler et Liébig, relativement aux composés benzoïques dont elles ont fixé la théorie.

L'étude attentive de la fermentation benzoïque a révélé un grand fait de physiologie végétale, c'est à dire la production spontanée, au moyen de certains artifices, de quelques huiles volatiles non préexistantes dans les plantes, et pouvant néanmoins se développer dans les produits de leur décomposition.

L'huile volatile d'amandes amères constitue sous ce rapport un point de départ auquel sont venues se rattacher

l'huile de moutarde, l'huile de spiræa, et qui probablement conduira à découvrir de nouveaux faits du même ordre.

Pour produire la fermentation benzoïque, il suffit de délayer le tourteau d'amandes amères avec de l'eau. A l'instant même l'odeur prussique se développe. Les agents de cette réaction remarquable sont d'une part la *synaptase*, comme ferment, et de l'autre l'*amygdaline*, comme matière dont la décomposition produit les substances nouvelles qui prennent naissance.

3599. *Synaptase.* Le ferment qui détermine cette réaction si remarquable a été étudié par M. Robiquet qui lui a donné le nom de synaptase.

Pour l'obtenir, on se procure du tourteau d'amandes douces, bien privé d'huile grasse, et on le délaye dans le double de son poids d'eau pure. Deux heures après, on soumet le mélange à une pression graduée, et on filtre le liquide ainsi obtenu. On en précipite le caséum par l'acide acétique ajouté peu à peu. On filtre de nouveau, et on précipite la gomme par l'acétate de plomb. L'hydrogène sulfuré débarrasse la liqueur de l'excès de plomb; enfin, l'alcool en précipite la synaptase, tandis que le sucre demeure dissous. On dessèche dans le vide la synaptase précipitée de la sorte.

La synaptase présente les plus grands rapports avec l'albumine. Elle est d'un blanc jaunâtre, tantôt cassante et vernie comme du gluten desséché, tantôt opaque et spongieuse comme de la sarcocolle. Elle est très soluble dans l'eau, mais à peu près insoluble dans l'alcool. Elle se coagule vers 60° quand on chauffe sa dissolution aqueuse.

Sa solution aqueuse faite à froid prend une couleur rouge très intense par l'addition d'une goutte de teinture d'iode, elle précipite fortement par le tannin, mais point par les acides, ni par l'acétate de plomb.

La synaptase est putrescible; en effet, dissoute dans l'eau, elle ne tarde pas à émettre une odeur fétide quand on

l'abandonne au contact de l'air; la liqueur se trouble et il s'y forme avec le temps un dépôt floconneux fort abondant.

En présence de l'amidon, elle ne se comporte en rien comme la diastase; elle n'empêche pas l'amidon de faire empois à 60°.

Mise au contraire en présence de l'amygdaline, à froid ou à 80° même, la synaptase détermine rapidement la conversion de cette matière en nouveaux produits, parmi lesquels figure l'huile d'amandes amères.

La synaptase n'a pas été analysée; mais à la distillation elle donne un acide saturé en partie par l'ammoniaque, ce qui dénote l'existence de l'azote dans ce produit.

3600. *Amygdaline.* Le son d'amandes amères renferme à la fois la synaptase dont on vient de parler et l'amygdaline. Le son d'amandes douces ne contient pas d'amygdaline; aussi est-il impropre à produire l'huile d'amandes amères.

C'est donc avec le son d'amandes amères qu'on parvient à se procurer l'amygdaline.

Celle-ci s'obtient en traitant à deux reprises le tourteau d'amandes bien dépouillé d'huile grasse par pression, au moyen de l'alcool à 95 centièmes. On filtre au travers d'un linge et on presse le résidu. Le liquide trouble laisse ordinairement déposer de l'huile grasse qu'on en sépare. On le réchauffe, on le filtre et on l'abandonne à lui-même pendant quelques jours. Il s'y dépose un peu d'amygdaline; mais la majeure partie demeure dissoute, et pour l'obtenir, il faut évaporer l'eau mère à 1/6, laisser refroidir le résidu et le mêler d'éther. Toute l'amygdaline se dépose. Les cristaux ainsi obtenus étant égouttés sur des papiers, abandonnent l'huile qui les imprègne et dont on achève de les débarrasser en les lavant avec de l'éther.

Pour avoir l'amygdaline entièrement pure, il suffit de la dissoudre dans l'alcool bouillant et de la faire cristalliser de nouveau.

MM. Liebig et Wœhler ont proposé de traiter le tourteau

d'amandes par l'alcool; de concentrer par la distillation et de soumettre le résidu étendu d'eau à l'action de la levure de bière pour détruire le sucre. La fermentation qui est assez vive doit se faire dans un lieu bien chaud. On concentre ensuite le résidu, et par une addition convenable d'alcool, on en précipite l'amygdaline qu'on purifie ensuite. Ce procédé aurait pour avantage principal de donner une plus grande quantité de produits, tout en dispensant de l'emploi de l'éther et de celui de l'alcool concentré.

Dans le procédé ordinaire, l'emploi de l'alcool concentré a précisément pour objet de séparer le sucre; celui de l'éther de soustraire l'amygdaline à une matière mucilagineuse qui l'empêche de cristalliser, mais qui n'empêche pas l'éther de la précipiter.

L'amygdaline pure doit donner une dissolution aqueuse transparente. Si elle est opaline, c'est une preuve de la présence de l'huile. Le tourteau d'amande fournit environ 3 p. 100 de son poids d'amygdaline.

L'amygdaline dissoute dans l'eau à saturation à 40°, donne un liquide qui, abandonné à lui-même, cristallise en prismes transparents réunis en groupes radiés. Ces cristaux constituent un hydrate. Ils sont moins durs que le sucre, se ternissent à l'air et perdent à 120° environ 10,5 p. 100 d'eau.

La dissolution alcoolique d'amygdaline fournit par le refroidissement des cristaux en aiguilles fines, éclatantes, et presque toujours imprégnés d'alcool qui ne s'en sépare qu'avec difficulté.

L'acide nitrique bouillant décompose l'amygdaline et donne naissance à de l'acide carbonique et à d'autres produits sans doute, mais la circonstance essentielle de cette réaction consiste dans la production de l'huile d'amandes amères.

L'amygdaline chauffée avec l'oxyde rouge de mercure ou le peroxyde de manganèse, n'éprouve aucune altéra-

tion; mais si l'on ajoute de l'acide sulfurique, il se manifeste à l'aide d'une douce chaleur une décomposition très vive. Il se produit de l'acide carbonique, de l'acide formique et de l'ammoniaque, en même temps qu'une quantité d'huile d'amandes égale en poids aux trois quarts de l'amygdaline.

En faisant bouillir l'amygdaline avec du permanganate de potasse qu'on évite d'employer en excès, on obtient quelques traces d'huile d'amandes, du benzoate de potasse et du cyanate de potasse qui se convertit en carbonate de potasse et en ammoniaque au moyen de l'ébullition.

L'amygdaline est composée de

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 at. azote | — | 177 | — 3.1 |
| 80 at. carbone | — | 3057 | —53,0 |
| 54 at. hydrogène | — | 337 | — 5,8 |
| 22 at. oxygène | — | 2200 | —38,1 |
| | | 5771 | 100,0 |

L'amygdaline hydratée renferme en outre 6 $H^2O$, correspondant à 10,5 pour 100.

3601. *Acide amygdalique.* Lorsqu'on dissout à froid l'amygdaline dans l'eau de baryte, elle ne s'altère aucunement. Mais si on fait bouillir le mélange à l'abri de l'air, il se dégage de l'ammoniaque pur, et il se forme un nouvel acide qui constitue de l'amygdalate de barite. Pour l'obtenir, il suffit de faire bouillir jusqu'à cessation du dégagement d'ammoniaque puis de diriger dans le liquide froid un courant d'acide carbonique pour se débarrasser de l'excès de barite, et enfin d'évaporer à sec; ce qui donne l'amygdalate de baryte sous forme gommeuse.

L'acide amygdalique à son tour peut s'extraire à l'aide de l'acide sulfurique faible qui précipite la baryte. On obtient ainsi un liquide acide, qui évaporé se prend en sirop, puis en masse gommeuse, mais où l'on découvre à peine quelques indices de cristallisation.

Il est déliquescent et par conséquent très soluble dans l'eau ; soluble dans l'alcool faible ; insoluble dans l'alcool absolu, froid ou chaud ; insoluble dans l'éther.

L'acide amygdalique n'éprouve pas la moindre altération de la part du peroxyde de manganèse ; mais si l'on ajoute de l'acide sulfurique, il se produit de l'acide formique, de l'acide carbonique et de l'huile d'amandes amères.

Les amygdalates, traités de la même manière, éprouvent tous le même effet dans la même circonstance.

Tous ces amygdalates sont solubles, excepté un sel de plomb qui se prépare au moyen du sous-acétate de plomb ammoniacal et d'un amygdalate soluble, et encore n'est-il pas complètement insoluble.

L'acide amygdalique paraît formé de :

| | | |
|---|---|---|
| 80 at. carbone . . . | 3057 — | 52,9 |
| 52 at. hydrogène . . | 325 — | 5,6 |
| 24 at. oxygène . . . | 2400 — | 41,5 |
| | 5782 | 100,0 |

L'acide amygdalique dérive donc de l'amygdaline par la formule suivante : $C^{80}H^{54}O^{22}Az^2+H^4O^2=Az^2H^6+C^{80}H^{52}O^{24}$.

L'amygdalate de baryte constitue un sel soluble, d'aspect gommeux, neutre et capable de résister à 197°, sans perdre autre chose que de l'eau; il acquiert alors l'aspect de la porcelaine; pulvérisé, il reprend quelques centièmes d'eau à l'air.

3602. *Action de la synaptase sur l'amygdaline.* Si l'on ajoute à une solution aqueuse d'amygdaline une émulsion d'amandes douces, ou une dissolution de synaptase, il s'y développe instantanément une odeur d'acide hydrocyanique, qui s'exalte quand on chauffe la liqueur.

Si l'on y ajoute un sel de fer, puis de l'ammoniaque et enfin de l'acide hydrochlorique, il s'y développe du bleu de Prusse.

Si on fait bouillir, la liqueur laisse échapper de l'essence d'amandes amères mêlée d'acide hydrocyanique.

Tous ces phénomènes s'observent quand on délaye simplement dans l'eau les amandes amères, sans aucune addition.

Ainsi la synaptase et l'amygdaline produisent, dès leur réunion ou dès qu'elles ont le contact de l'eau, tous les phénomènes qui viennent d'être énoncés, soit qu'on prenne la synaptase pure ou l'amande douce en nature; soit enfin qu'on agisse avec l'amygdaline pure ou bien avec l'amande amère qui la renferme.

Certes, c'est là d'ailleurs un phénomène remarquable que celui qui s'observe dans l'amande amère où se trouvent réunies la synaptase et l'amygdaline n'attendant plus pour réagir l'une sur l'autre que l'intervention de l'eau qui doit les mettre en contact.

Les expériences suivantes, d'ailleurs faciles à expliquer, sont nécessaires à noter :

1° Une certaine quantité d'eau est indispensable à la réaction ; d'après quelques expériences, on a lieu de penser que l'air est indispensable aussi pour que la réaction commence. Il faut probablement assez d'eau pour dissoudre toute l'huile d'amandes qui va se former, et un peu d'oxygène emprunté à l'air, pour donner au ferment les qualités qui lui sont nécessaires.

2° Une température de 30 à 40° prolongée pendant 5 ou 6 heures favorise la réaction.

2° Chauffées à 100°, la synaptase, l'émulsion d'amandes douces, la poudre d'amandes amères, perdent la propriété de développer la réaction. L'alcool bouillant détruit aussi cette propriété.

4° Enfin, une très faible quantité de synaptase suffit à la décomposition d'une grande quantité d'amygdaline.

Sous son influence, chaque atome d'amygdaline donne :

| | | |
|---|---|---|
| 1 at. acide hydrocyanique. | $C^4$ $Az.^2$ $H^2$ | |
| 2 at. hydrure de benzoïle. | $C^{56}$ | $H^{24}$ $O^4$ |
| 1/2 at. sucre..... | $C^{12}$ | $H^{10}$ $O^5$ |
| 2 at. acide formique..... | $C^8$ | $H^8$ $O^8$ |
| 5 at. eau..... | | $H^{10}$ $O^5$ |
| Amygdaline..... | $C^{80}$ $Az^2$ | $H^{54}$ $O^{22}$ |

Il est évident que cette réaction compliquée est le résultat d'un certain nombre de réactions successives plus simples. Du moins telle est l'opinion qu'on est conduit à s'en former, quand on voit que l'acide amygdalique peut donner de son côté, par les agents oxydants :

| | |
|---|---|
| 2 at. hydrure de benzoïle..... | $C^{56}$ $H^{24}$ $O^4$ |
| 2 at. acide formique..... | $C^8$ $H^4$ $O^6$ |
| 16 at. acide carbonique..... | $C^{16}$ $O^{16}$ |
| 24 at. eau..... | $H^{24}$ $O^{12}$ |
| Acide amygdalique..... | $C^{80}$ $H^{32}$ $O^{22}$ |
| | $+$ $O^{14}$ |

On peut donc représenter l'acide amygdalique par :

$$C^{24}\,H^{22}\,O^{17},\ 2C^{28}\,H^{12}\,O^2,\ 3H^2\,O.$$

Et les amygdalates par

$$C^{24}\,H^{22}\,O^{17},\ 2C^{28}\,H^{12}\,O^2,\ 3H^2\,O.$$
$$B\,a\,O.$$

Et si l'on remontait ensuite à la composition de l'amygdaline elle-même, on trouverait

$$C^{24}\,H^{22}\,O^{17},\ 2\,C^{28}\,H^{12}\,O^2.$$
$$Az^2\,H^8\,O.$$

On voit facilement dans ces formules comment s'engendrent le sucre et l'acide formique, car on a :

$$C^{24}\,H^{22}\,O^{17},$$

Moins $C^{12}\,H^{12}\,O^{12}$ = 3 atomes acide formique.

Reste $C^{12}\,H^{10}\,O^5$ = 1/2 atome sucre.

La production de l'acide hydrocyanique serait un accident dépendant de la tendance que possède $C^{24} H^{22} O^{17}$ à se convertir en acide formique, qui avec l'ammoniaque produirait du formiate d'ammoniaque capable de se métamorphoser en acide hydrocyanique et en eau. On doit donc trouver 2 atomes d'acide formique et 1 d'acide hydrocyanique, qui a dû détruire, en se produisant, 1 atome d'acide formique dont il faut tenir compte.

3605. Je suis disposé à considérer les réactions compliquées du genre de celles qu'on observe entre la synaptase et l'amygdaline, comme une illusion due à ce que nous observons l'effet final d'une succession rapide de réactions simples. Je crois donc devoir insister, ici, pour montrer comment je conçois que ces phénomènes ont pu s'accomplir.

La formule de l'amygdaline étant :

$$C^{24} H^{22} O^{17}, 2C^{28} H^{12} O^{2}, Az^{2} H^{8} O,$$

j'admets qu'une première réaction du ferment déplace l'ammoniaque et l'hydrure de benzoïle. On a ainsi, d'une part :

$$2C^{28} H^{12} O^{2} \text{ et } Az^{2} H^{8} O,$$

tandis qu'il résulte de l'autre,

$$C^{24} H^{22} O^{17}.$$

Par une nouvelle action du ferment qui agit sur lui à son tour, ce dernier corps se dédouble ensuite pour former

$$C^{12} H^{10} O^{5}$$
$$\text{et } 3C^{4} H^{4} O^{4}.$$

Alors, un des équivalents d'acide formique rencontre et sature un équivalent d'ammoniaque avec lequel, sous l'influence continuée du ferment, il produit :

$$\left.\begin{array}{l} C^{4} H^{2} Az^{2} \\ 5H^{2} O \end{array}\right\} \text{provenant de } C^{4} H^{4} O^{4} + Az^{2} H^{8} O.$$

Et en récapitulant, nous trouvons les produits définitifs suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| De la 1re réaction | $C^{56}H^{24}O^{4}$ | — 2 | at. hydrure de benzoïle. |
| De la 2e *id.* | $C^{12}H^{10}O^{5}$ | — 1/2 | at. de sucre. |
| | $C^{8}H^{8}O^{8}$ | — 2 | at. acide formique. |
| De la 3e *id.* | $C^{4}H^{2}$ » $Az^{2}$ | — 1 | at. acide prussique. |
| | $H^{10}O^{5}$ | — 5 | at. eau. |
| | $C^{80}H^{54}O^{22}Az^{2}$ | — 1 | at. amygdaline. |

Ainsi tous ces corps si divers, loin de naître tout d'un coup, seraient le produit d'actions simples se succédant avec régularité. De même qu'on serait mal fondé à dire que l'amidon se change par la diastase en dextrine, en glucose et en acide lactique, quoiqu'il puisse produire de la dextrine, qui à son tour donne du glucose, d'où provient en définitive l'acide lactique lui-même. L'apparition simultanée des produits ne doit pas nous empêcher de rechercher et de saisir leur filiation.

3604. En traitant par l'alcool les feuilles de laurier-cerise, elles n'ont pas donné d'amygdaline, mais le résidu syrupeux du traitement a fourni par l'émulsion d'amandes douces une réaction subite d'où est résultée de l'huile d'amandes et de l'acide hydrocyanique, ce qui rend vraisemblable l'existence de l'amygdaline dans ce produit.

## FERMENTATION SINAPISIQUE.

3605. Lorsqu'on ouvre les différents traités de matière médicale, on est frappé de la dissidence qui existe entre les auteurs dans la préparation des sinapismes. Les uns conseillent de délayer la farine de moutarde avec de l'eau chaude ou du vinaigre chaud indifféremment ; les autres choisissent de préférence le vinaigre ou l'acide acétique concentré pour produire un effet plus actif. Les uns recommandent

expressément de se servir de farine récemment moulue; les autres veulent qu'on emploie seulement le son de cette même farine.

M. le professeur Trousseau entreprit, il y a quelques années, une série d'expériences sur ce sujet. M. Leroyer, pharmacien distingué de Genève, ayant avancé avec raison que les propriétés actives de la moutarde semblaient appartenir à l'huile essentielle, et celle-ci étant soluble dans l'alcool, M. Trousseau fut conduit à faire des sinapismes en délayant la moutarde avec de l'esprit de vin; mais l'expérience fit voir que les sinapismes préparés suivant cette méthode n'avaient aucune énergie, ne produisaient aucun effet.

L'emploi du vinaigre produit de meilleurs effets. Mais toutes les fois que le sinapisme était préparé avec de la bonne farine et de l'eau, il se développait au point de contact, et dans l'espace de quelques minutes, une sensation de picotement qui devenait de plus en plus cuisante, et qui au bout de dix minutes se convertissait en une douleur analogue à celle qui serait produite par un fer incandescent tenu à peu de distance de la peau. On voit, d'après cela, que le maximum d'effet produit par la graine de moutarde a lieu lorsque celle-ci est délayée avec de l'eau. Les recherches de M. Fauré, de MM. Robiquet et Boutron, ont appris plus tard que les semences de moutarde ne renferment pas d'huile essentielle toute formée, et que celle-ci prend naissance par le contact de l'eau sous certaines conditions. Quant à la théorie de la formation de cette huile, elle était complètement ignorée, lorsque les dernières expériences de MM. Robiquet et Bussy d'une part, celles de MM. Fremy et Boutron d'une autre part, ont complètement éclairé cette formation.

Les importants travaux de MM. Wœhler et Liebig sur la production de l'huile volatile des amandes amères dont nous avons rendu compte, permettaient de regarder comme pro-

bable que l'huile essentielle de moutarde se forme sous des influences analogues à celles qui produisent l'essence d'amandes amères. Les recherches des chimistes que nous venons de citer, entreprises dans ce but, furent couronnées d'un succès complet. Ils ont reconnu, en effet, que la moutarde noire contient un principe particulier analogue à l'émulsine qui détermine constamment la production de l'huile volatile. C'est ce principe, auquel MM. Robiquet et Bussy ont donné le nom de myrosine.

3606. La myrosine présente une grande analogie avec l'albumine et l'émulsine, mais ne saurait pourtant être remplacée par ces dernières dans la production de l'huile volatile. La myrosine n'a pu être obtenue jusqu'à présent à l'état cristallisé; elle offre, à l'état sec, l'aspect d'une matière albumineuse. Elle est soluble dans l'eau; sa solution est insipide, visqueuse, mousse par l'agitation et se coagule par la chaleur, par l'alcool et les acides. Elle perd alors la propriété de former de l'huile volatile, d'où il résulte que lorsqu'on traite la farine de moutarde par ces derniers réactifs, elle cesse de produire de l'odeur. Toutefois, cette propriété n'est pas détruite sans retour. Ainsi que M. Liebig l'a remarqué pour l'émulsine par rapport à l'huile essentielle d'amandes amères, elle peut reparaître avec le temps sous l'influence de l'eau. Ainsi, lorsqu'on a traité de la farine de moutarde noire par l'alcool ou par les acides faibles, on a, il est vrai, une poudre qui ne développe pas immédiatement d'odeur par le contact de l'eau; mais si l'on abandonne la pâte pendant un certain temps, variable avec l'énergie des réactifs employés, on sent l'odeur se développer. La myrosine existe pareillement dans la farine de moutarde blanche; ainsi, lorsqu'on prend une infusion inodore de moutarde noire, dont la myrosine aura été primitivement coagulée et qu'on la mélange soit avec de la poudre de moutarde blanche, soit avec une macération aqueuse de cette dernière, il se développe de l'huile essentielle.

La myrosine s'obtient en traitant la moutarde blanche par l'eau froide, filtrant la dissolution, et évaporant le liquide à une température qui ne doit pas dépasser 40°. Lorsque la dissolution est amenée à l'état de sirop clair, on y verse de l'alcool avec ménagement; l'addition de ce liquide détermine la formation d'un précipité qu'on sépare facilement par décantation; ce précipité, redissous dans l'eau et évaporé comme précédemment, possède les propriétés que nous lui avons assignées tout à l'heure.

La substance ainsi obtenue est loin d'être pure, aussi les chimistes qui l'ont préparée n'ont-ils pas tenté son analyse élémentaire, qui n'eût rien appris de plus.

3607. La myrosine est accompagnée, dans la farine de moutarde noire, par une autre substance que MM. Fremy et Boutron n'ont obtenue qu'à l'état amorphe, et que MM. Robiquet et Bussy ont obtenue cristallisée; c'est la substance qu'ils ont désignée sous le nom de myronate de potasse. Pour préparer ce produit, on dessèche la farine de moutarde noire à 100, et on la soumet ensuite à l'action de la presse afin d'en extraire la majeure partie de l'huile fixe; le tourteau est alors traité par de l'alcool à 0,85 dans un appareil de déplacement. On commence par employer de l'alcool froid, puis de l'alcool chauffé à 50° ou 60°. Ce traitement a non seulement l'avantage de neutraliser l'action de la myrosine, mais encore de débarrasser la semence de beaucoup de matières solubles dans l'alcool, qui gêneraient la cristallisation du myronate de potasse.

Lorsque cette semence est à peu près épuisée de ce qu'elle renferme de soluble dans l'alcool, elle est soumise à l'action de la presse, puis traitée par l'eau, soit à froid, soit à chaud; la dissolution aqueuse, évaporée avec précaution, fournit un extrait que l'on délaye, avant qu'il ne soit trop rapproché, avec de l'alcool faible. Celui-ci précipite une matière glutineuse, et la nouvelle dissolution mise à évaporer fournit avec le temps des cristaux de myronate de

potasse, qu'on peut obtenir très blancs et très purs en lavant convenablement la masse avec de l'alcool affaibli.

Le myronate de potasse est un sel facilement cristallisable en beaux cristaux, volumineux, transparents. Il est inaltérable à l'air, très soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool absolu, et susceptible de se dissoudre dans l'alcool étendu d'eau. La dissolution de ce sel ne précipite ni par le nitrate d'argent, ni par celui de baryte; l'acétate de plomb, les chlorures de calcium et de mercure, ne donnent pas non plus de précipités.

L'acide myronique possède une composition complexe; il renferme au nombre de ses éléments du carbone, du soufre, de l'hydrogène, de l'azote, de l'oxygène, il est inodore, non volatil; sa saveur est à la fois acide et amère. Lorsqu'on le sépare de ses combinaisons avec ses bases, il donne une dissolution incolore qui, par la concentration, se réduit en une masse consistante comme de la mélasse, sans paraître cristallisée.

Lorsqu'on met la myrosine en contact avec les myronates sous l'influence de l'eau, on observe la production de l'huile volatile de moutarde. On peut s'en assurer en mélangeant directement deux dissolutions claires et inodores de ces substances; au bout de quelques minutes, l'odeur commence à se dégager, faible d'abord, puis successivement plus forte; l'action n'est complète qu'au bout d'un temps plus ou moins considérable, suivant les quantités de matières employées et la température à laquelle on opère. Si l'on distille alors le liquide, qui est devenu sensiblement acide, on en retire de l'huile essentielle en quantité proportionnée à celle des matières employées.

Ce phénomène présente dans son ensemble la plus grande analogie avec la fermentation; non seulement, il est modifié par les causes générales qui agissent sur celle-ci, mais on voit, dès que l'odeur se développe, le liquide clair se troubler comme dans la fermentation ordinaire, se troubler

de nouveau lorsqu'on l'a filtrée et donner naissance à un dépôt.

Si l'on examine celui-ci au microscope, on voit que le trouble n'est pas produit par de l'huile, car l'addition de l'éther ne le fait point disparaître, mais il est formé de globules qui se séparent du liquide ; globules parfaitement nets, présentant l'aspect de ceux de la levure, mais qui paraissent généralement plus petits.

La graine de moutarde blanche a fixé aussi l'attention de MM. Frémy et Boutron. Cette substance, quoique congénère avec la moutarde noire, offre cependant avec cette dernière les différences les plus tranchées. On sait en effet que cette semence ne donne jamais d'huile volatile, mais qu'elle peut fournir un principe âcre, quand on la fait digérer dans l'eau froide ; on sait, en outre, que traitée par l'alcool à 38°, elle fournit par évaporation une substance cristalline désignée sous le nom de sinapisine. Or, il paraîtrait que c'est cette dernière qui se transforme en principe âcre sous l'influence de la myrosine. D'après les chimistes que nous venons de citer, le principe âcre ne serait pas le seul produit de cette réaction, il se produirait encore de l'acide sulfo-cyanhydrique. Si ce fait se confirme, il établira un nouveau point de rapprochement avec les expériences de MM. Liebig et Woehler, qui ont reconnu que quand on fait réagir l'émulsine sur l'amygdaline, il se forme de l'acide cyanhydrique.

### FERMENTATION PECTIQUE.

3608. Lorsqu'on met une dissolution de pectine transparente et fluide en contact avec de l'albumine végétale, retirée par l'alcool du suc de fruits ou de carottes, on observe souvent après quelques minutes de contact, et toujours au bout de quelques heures, que la masse prend de la viscosité et se transforme bientôt en une masse gélatineuse et consistante qui, abandonnée pendant quelque temps, se contracte

beaucoup. La pectine, dans cette circonstance, s'est convertie en une substance insoluble dans l'eau, mais soluble dans les alcalis ; c'est de l'acide pectique. Ainsi, sous l'influence d'une force analogue à celle qui détermine la fermentation alcoolique, la putréfaction, la formation de l'huile d'amandes amères et de bien d'autres substances encore, la pectine éprouve un changement isomérique et se transforme en acide pectique.

Ce fait, signalé par M. Frémy, vient expliquer certains phénomènes qui avaient été observés sur les sucs de fruits, et peut rendre compte de la formation des gelées végétales.

Il est évident, d'après ce qu'on vient de dire, qu'une gelée se produit par la transformation de la pectine en acide pectique, sous l'influence de l'albumine végétale qui existe dans les fruits. Si l'on fait bouillir, pendant longtemps, un suc de fruit, il pourra donc ne plus donner de gelée, parce que son ébullition trop prolongée aura détruit ou coagulé la matière albumineuse qui est destinée à former la gelée. Une gelée peut encore disparaître quand on vient à la faire chauffer, parce qu'on détruit la disposition particulière de l'acide pectique qui lui donne la propriété de solidifier une grande masse d'eau, et parce qu'en le faisant bouillir trop longtemps, il se change en acide métapectique qui est soluble dans l'eau, comme nous le verrons tout à l'heure.

3609. Nous ne reviendrons pas ici sur les propriétés de la pectine, celles-ci ayant été pour la plupart mentionnées dans le cinquième volume de ce traité ; mais nous allons examiner d'une manière détaillée les transformations curieuses qu'elle éprouve de la part des bases et des acides, étudiées avec beaucoup de soin dans ces derniers temps par M. Frémy.

La composition de la pectine est représentée par la formule

$$C^{48} H^{34} O^{22} + H^2 O.$$

Cette pectine, en se combinant avec les bases, perd un atome d'eau qui se trouve alors remplacé par un atome de base ; ainsi le pectinate de plomb, par exemple, a pour formule

$$C^{48} H^{34} O^{22}, Pb O.$$

Mais, quand on cherche à préparer ce pectinate de plomb, en mettant une dissolution aqueuse de pectine en contact avec une dissolution d'acétate neutre de plomb, on obtient des précipités dans lesquels la quantité d'oxyde de plomb varie suivant que la pectine est restée plus ou moins longtemps en contact avec l'eau.

Il est probable, d'après cela, que dans l'acte de la végétation d'autres acides passent par une série d'états intermédiaires dans lesquels la capacité de saturation est variable. Quant à l'influence de l'eau qui détermine ces modifications, elle est très facile à comprendre, et les faits qui ont été observés dans ces dernières années sur les acides organiques et sur l'acide phosphorique, viennent en rendre compte.

M. Braconnot avait annoncé que la pectine possède la propriété de se transformer en acide pectique sous l'influence des bases. Cette transformation curieuse a été complètement expliquée par M. Frémy.

Quand on prend une dissolution de pectine bien pure, et qu'on la traite par un excès d'eau de chaux, il se forme un précipité de pectate de chaux insoluble dans l'eau ; si on filtre la liqueur et qu'on l'évapore à sec, on reconnaît qu'il ne reste en dissolution aucune matière organique ; cette expérience prouve déjà que la pectine, en se transformant en acide pectique, ne donne naissance à aucun autre produit. Or l'analyse de l'acide pectique sec, tel qu'il existe dans le pectate d'argent, conduit à la formule

$$C^{48} H^{34} O^{22}.$$

D'où l'on voit que l'acide pectique présente exactement la même composition que la pectine dans ses sels. Lors-

qu'on met l'acide pectique en contact avec l'acétate neutre de plomb, on ne tarde pas à reconnaître que ce produit possède très peu de stabilité, car il présente, sous l'influence de l'eau une altération du même ordre que celle que nous avons signalée pour la pectine.

Après avoir étudié la transformation de la pectine en acide pectique, sous l'influence des bases, M. Frémy s'est demandé si les modifications produites par un excès de base s'arrêtaient à l'acide pectique; il a fait dissoudre de l'acide pectique dans un léger excès de potasse, et la dissolution a été maintenue pendant plusieurs heures en ébullition, en ayant soin de renouveler l'eau qui s'évaporait pour éviter la coloration de la liqueur. Après un certain temps d'ébullition, variable avec la quantité de matière employée, il a reconnu que l'acide pectique avait entièrement disparu. Dans cette réaction, il ne se forme pas la plus petite quantité d'acide oxalique.

L'acide, ainsi produit, diffère complètement de l'acide pectique, puisque tandis que ce dernier est à peine soluble, l'autre, au contraire, est déliquescent. Il possède une saveur très acide, forme avec la potasse, la soude, l'ammoniaque, la chaux, des sels très solubles dans l'eau et incristallisables. Ce dernier acide a reçu le nom d'acide métapectique. A l'état sec, tel qu'il existe dans les sels, il est représenté par la formule

$$C^{48} H^{34} O^{22}.$$

Cet acide possède donc identiquement la même composition que la pectine et l'acide pectique, mais il est doué de la propriété de prendre une quantité d'oxyde de plomb plus considérable que ces dernières substances.

La pectine peut se transformer pareillement en acide métapectique sous l'influence des acides.

En consultant les capacités de saturation et la composition des sels dont nous avons fait mention, on pourrait

croire que ces différents sels résultent de la combinaison d'un même acide qui, en prenant des quantités différentes de base, formerait des sels acides à différents degrés d'acidité.

Mais, cette opinion tombe d'elle-même, lorsqu'on observe que les différents sels que nous venons de citer, étant décomposés par l'hydrogène sulfuré, donnent des acides qui possèdent des propriétés différentes; car, l'un est soluble dans l'eau et ressemble à de la gomme; le second est insoluble, c'est l'acide pectique; et le troisième est très soluble et très acide, c'est l'acide métapectique.

Il est connu maintenant, par les expériences de M. Graham, qu'un même acide peut, sous certaines influences, changer de capacité de saturation, et prendre alors des propriétés nouvelles. Les acides dont il est question ici se trouvent précisément dans ce cas.

Les transformations de la pectine en acides pectique et métapectique se font surtout avec une extrême facilité, lorsque ces corps sont à l'état naissant.

Lorsqu'on regarde au microscope une tranche mince d'un fruit vert, d'une groseille par exemple, on reconnaît facilement que la partie charnue est composée d'une infinité de petites cellules à parois épaissies, qui sont en quelque sorte enchassées dans une matière extérieure verte d'une assez grande consistance.

Si l'on observe le fruit, on voit, à mesure que la maturation avance, la disposition des cellules changer de jour en jour. Elles étaient d'abord à parois épaissies et presque opaques; elles finissent par devenir très gonflées et transparentes; enfin, leurs parois qui sont très minces se brisent souvent, et laissent épancher le liquide qu'elles contenaient.

Ce liquide qui est fortement acide réagit sur la matière extérieure; celle-ci se détruit peu à peu sous l'influence de l'acide, et donne naissance à une matière mucilagineuse

soluble dans l'eau, c'est de la pectine. Ainsi, la pectine n'existe dans les fruits verts qu'en très petites quantités; elle ne se forme ou ne devient libre qu'à l'époque de la maturation.

Si l'on prend des groseilles vertes, et qu'on les broie pendant quelques heures avec de l'eau distillée, en ayant soin de renouveler l'eau, jusqu'à ce que celle-ci cesse d'être acide, on obtient une masse sans saveur et sans réaction acide, qui bouillie avec de l'eau distillée n'a rien abandonné de soluble.

En acidifiant la liqueur avec l'acide tartrique, malique ou sulfurique, elle devient très visqueuse après un certain temps d'ébullition; on obtient dans cette circonstance des masses considérables de pectine. C'est même un procédé très commode, pour obtenir de la pectine parfaitement pure.

Cette expérience est concluante, et prouve que la pectine apparaît libre dans les fruits sous l'influence des acides qui sont renfermés dans des cellules qui ne laissent épancher l'acide qu'à l'époque de la maturation. La production de la pectine libre sous l'influence des acides rend compte d'un phénomène que tout le monde connaît, qui ne se détermine qu'à un certain moment, et qu'on exprime en disant que le fruit tourne. C'est en effet à cette époque que les cellules sont devenues transparentes et perméables, et que l'acide qu'elles contenaient a été réagir sur la matière d'où provient la pectine.

Il existe donc dans les fruits une matière pulpeuse, insoluble dans l'eau, qui peut, sous l'influence des acides, se transformer très rapidement en pectine. Cette matière insoluble n'est pas du ligneux, car on voit que le ligneux ne donne rien de semblable dans les mêmes circonstances, et lorsqu'on fait bouillir la partie pulpeuse des fruits avec un acide étendu, on donne naissance d'abord à une grande quantité de pectine; mais la formation de la pectine s'ar-

rête bientôt, et on est loin de transformer toute la pulpe des fruits en matière soluble dans l'eau.

M. Frémy n'a pas donné de nom à la matière insoluble qui se trouve dans la pulpe des fruits, et qui se transforme en pectine sous l'influence des acides. Il pense que celle-ci pourrait bien n'être que de la pectine combinée avec une certaine quantité de chaux, car lorsqu'on a formé de la pectine par un acide, on retrouve beaucoup de chaux en dissolution. Cette opinion est parfaitement d'accord avec les expériences de M. Jacquelain et de M. Payen, qui ont reconnu l'un et l'autre la présence du pectinate de chaux en abondance dans le tissu de la plupart des végétaux.

### FERMENTATION GALLIQUE.

3610. Nous avons déjà vu que le tannin peut se convertir en acide gallique sous diverses influences, et en particulier, quand on expose la noix de galles pilée et mise en pâte avec de l'eau au contact de l'air.

Le changement qui s'opère, semble bien se rattacher aux fermentations proprement dites; mais jusqu'ici, les preuves qu'on en a données ne sont peut-être pas entièrement satisfaisantes.

M. Larocque, qui a le premier classé ces phénomènes parmi les fermentations, a observé les faits suivants. L'oxyde rouge de mercure, l'alcool; les acides nitrique, chlorhydrique, sulfurique; le brôme, l'essence de térébenthine, la créosote, les acides oxalique, acétique, cyanhydrique, sont les corps qui s'opposent le plus à la conversion du tannin en acide gallique. L'arséniate de soude et le sublimé corrosif ont une action plus faible. Le camphre, l'acide citrique, le cinabre, n'y font rien.

Si on prend 10 grammes de noix de galle épuisée par l'éther, 5 grammes de tannin et 125 grammes d'eau, le mélange enfermé dans un flacon à l'émeri luté, à l'abri de

l'air par conséquent, n'offre au bout d'un mois aucune trace de tannin. Tout est converti en acide gallique. D'ailleurs, ni dégagement de gaz, ni moisissure. Robiquet avait déjà constaté le même changement dans des circonstances semblables.

La partie de la noix de galle, qui est insoluble dans l'éther renferme donc le ferment capable d'exciter la fermentation gallique. Ce qui le prouve, c'est qu'on peut convertir à l'aide d'une partie de ce résidu non seulement une partie de tannin en acide gallique, mais même deux, trois ou quatre parties de tannin.

D'ailleurs, la noix de galle épuisée par l'éther, constitue un ferment capable de convertir le sucre en alcool, mais un ferment lent toutefois, comme ceux que développent beaucoup de matières azotées neutres.

D'une autre part, la viande, le sang, le caséum, jouissent, tout comme la noix de galle, de la propriété de déterminer la conversion du tannin en acide gallique, au bout de quelques semaines de contact, à l'abri de l'air.

Au contraire, la levure de bière produit un effet moins prompt et moins marqué, quoiqu'elle finisse par déterminer aussi cette conversion.

Ces observations rendent fort vraisemblable l'existence d'une fermentation gallique, mais avant de l'admettre, il conviendrait d'étudier l'action que l'eau exerce sur la noix de galle épuisée par l'éther et d'essayer d'isoler ainsi le ferment qu'elle doit contenir.

### FERMENTATION DES CORPS GRAS.

3611. M. Chevreul a si bien établi que les corps gras neutres peuvent se représenter par une formule analogue à celle des sels ; il a si clairement prouvé qu'ils se résolvent tous en une base et en un acide organique, qu'il est facile de comprendre que ces acides et cette base puissent se séparer par les seules forces qui déterminent les fermentations.

D'autant plus, et ce caractère est essentiel, que l'acide et la base d'un corps gras neutre une fois séparés, ne peuvent plus se combiner de nouveau directement pour reconstituer le corps gras neutre qui les a fournis.

Ainsi, dès qu'ils sont sollicités à se séparer par une force quelconque, les acides gras et leur base demeurent disjoints, se comportant tout autrement que l'acide sulfurique et la potasse, par exemple, qui dès leur mélange se combinent pour former le sulfate de potasse proprement dit.

Les matières grasses les plus répandues renferment des acides, tels que l'acide stéarique, margarique, oléique, éthalique, etc., en combinaison avec une base que nous nommerons éther glycérique.

Vient-on à les séparer, l'acide fixe de l'eau qui le convertit en un acide hydraté, et l'éther glycérique en fixe également pour se convertir en alcool glycérique ou glycérine.

C'est donc une fixation d'eau sur l'acide et la base, qui constitue le résultat définitif d'une telle fermentation et l'impossibilité où l'on est de refaire le corps gras neutre au moyen de l'acide gras hydraté et de l'alcool glycérique, revient à dire que la base glycérique est incapable par elle-même de déplacer l'eau unie à l'acide dans un acide gras hydraté.

Les circonstances nécessaires à la fermentation des matières grasses sont d'ailleurs les mêmes qui se retrouvent dans toutes les fermentations. Il faut le concours d'une matière albuminoïde, celui de l'eau, celui de l'air, et enfin celui d'une température de 15 à 30°.

Dans ces conditions, la matière s'échauffe et revêt bientôt tous les caractères des graisses rancies. Elle devient acide, et dès lors, le carbonate de soude peut former des sels avec l'acide gras rendu libre, chose impossible, tant qu'on agissait sur le corps gras pris à l'état neutre. Traitée

par l'eau, la matière grasse altérée lui cède de l'alcool glycérique.

M. Pelouze et M. Boudet ont vu la matière grasse connue sous le nom d'huile de palme, offrir tous ces caractères et se comporter à tous égards comme une matière grasse altérée par la fermentation; les acides y étant en partie à l'état libre et la base glycérique également.

M. de Saussure a vu de semblables effets reparaître dans la germination des graines oléagineuses.

M. Boussingault, dans une expérience faite sur une grande échelle, s'est assuré que les graines oléagineuses abandonnées à la fermentation, produisent un développement de chaleur considérable accompagné de la conversion de la matière grasse neutre en acides gras libres. Mais, dans cette expérience, comme dans celle de M. de Saussure, l'air intervenant librement, une portion de l'huile assez considérable s'était brûlée, avait fourni de l'acide carbonique et de l'eau, et avait par conséquent disparu.

Sans doute, dans la pratique peu recommandable du reste, qui consiste à marcir les olives, c'est à dire à mettre en tas les olives destinées à l'extraction de l'huile et à leur faire subir une véritable fermentation, il faut voir une opération capable de fournir une huile en partie altérée par ces causes. C'est ce qu'une série d'expériences, faciles à faire dans le midi, mettrait promptement hors de doute.

Le beurre, si prompt à rancir, quand il contient encore des matières animales, de la caséine par exemple, s'altère par les mêmes causes. Aussi, toutes les fois qu'il s'agit de le conserver, a-t-on soin de le purger de caséine par la fusion, et de le priver d'eau par la même opération ou par l'addition du sel marin qui s'en empare.

Nul doute, que dans les phénomènes si compliqués de la décomposition des plantes et de la putréfication des animaux, il faille s'attendre à rencontrer des modifications analogues des matières grasses neutres que ces êtres ren-

ferment ordinairement, car toutes les conditions nécessaires sont réunies, puisqu'on a le concours de l'eau, de l'air et des matières azotées, qui sont indispensables à la fermentation des corps gras.

Il arrive parfois que, dans l'acte de la digestion, les corps gras neutres revêtent des caractères acides qui indiquent qu'ils ont été l'objet de quelque altération semblable. Il serait donc curieux et intéressant d'étudier l'action de la pepsine ou de la chimosine sur ces matières.

### FERMENTATION DIGESTIVE.

3612. La digestion, en ce qu'elle a du moins d'essentiel, se range évidemment parmi les fermentations.

Le suc gastrique, qui, depuis un grand nombre d'années, a fixé l'attention des chimistes et des physiologistes, en raison de l'importance du rôle qu'il joue dans l'acte de la digestion, constitue, à mes yeux, un véritable ferment.

Un grand nombre d'observateurs, parmi lesquels nous citerons Wepfer, Réaumur, Spallanzani, Stroem, Carminati, Brugnatelli, Vauquelin, Montégre, Magendie, Chevreul, Leuret et Lassaigne, Tiedemann et Gmelin; et plus récemment, Eberlé, Schwann et Deschamps, se sont livrés à un examen approfondi de cette matière. Les assertions de ces savants présentent quelques différences, et parfois même des contradictions manifestes; ainsi, les uns décrivent le suc gastrique comme étant limpide et très coulant; les autres, au contraire, lui ont trouvé une certaine viscosité; tantôt, il serait entièrement neutre; tantôt, il serait alcalin; tantôt, enfin, il manifesterait des propriétés acides, même à un assez haut degré. Les premières, et certainement les meilleures observations faites sur ce suc, celles que nous devons à Spallanzani, nous apprennent que dans l'état de santé il est parfaitement neutre; qu'il peut dissoudre, même en cet état, les matières alimentaires, au dehors comme au dedans du corps, et sans employer le

secours de la chaleur. Carminati fit voir, quelques années après, que ce liquide n'est point acide chez les carnivores à jeun; mais qu'il le devient très manifestement pendant l'acte de la digestion. Werner démontra qu'il en était de même chez les herbivores, pendant l'accomplissement de cette fonction. Montègre considérait le suc gastrique comme de la salive avalée; mais Prout a prouvé que ce liquide est réellement acide; il a constaté de plus que l'acide consiste en acide chlorhydrique, dont une partie est neutralisée par de la potasse, de la soude et de l'oxyde d'ammonium.

Dans leur grand travail sur la digestion, Tiedemann et Gmelin constatent aussi son acidité. Nous ne suivrons pas ces savants dans les détails de leurs expériences, si curieuses du reste, remettant ces descriptions à l'époque où nous traiterons des matières animales; nous insisterons davantage ici sur les résultats obtenus, dans ces derniers temps, par MM. Eberlé, Schwan et Deschamps d'Avallon.

Eberlé a fait des expériences fort intéressantes, au moyen d'un liquide formé d'eau et de quelques gouttes d'acide hydrochlorique. Il a observé que lorsqu'on n'a pas ajouté à celui-ci une petite quantité de la muqueuse de l'estomac, il n'a pas la propriété de dissoudre les aliments; tandis que cette addition la lui communique à un haut degré. Il trouva de même qu'une autre muqueuse, celle de la vessie urinaire par exemple, peut produire les mêmes résultats.

M. Schwan, allant plus loin qu'Eberlé, recherche dans le suc gastrique la substance qui dans la digestion, se comporte à la manière de la diastase dans la transformation de l'amidon en sucre. Cette substance, à laquelle il a donné le nom de pepsine, a été isolée tout récemment, par M. Vogel fils, sur des estomacs de porcs, qui fournissent une plus grande quantité de pepsine.

On sépare la partie glanduleuse de la partie séreuse, et

on la coupe en petits morceaux, qu'on lave avec de l'eau distillée froide. Après vingt-quatre heures de contact, on décante, et l'on verse sur les morceaux de nouvelles quantités d'eau. On répète cette opération pendant plusieurs jours, jusqu'à ce qu'il se manifeste une odeur putride. L'infusion aqueuse, ainsi obtenue, est précipitée par l'acétate de plomb. Le précipité blanc floconneux qui en résulte, contient la pepsine, accompagnée de beaucoup d'albumine. Ce précipité, bien lavé, est mis en suspension dans de l'eau qu'on fait traverser par un courant d'hydrogène sulfuré. En filtrant le liquide, il reste sur le filtre de l'albumine coagulée, avec le sulfate de plomb; tandis que le liquide contient la pepsine avec l'acide acétique. Une faible quantité d'acide chlorhydrique, ajoutée à cette liqueur, suffit pour la rendre propre à déterminer une digestion artificielle. En filtrant la liqueur, l'évaporant au bain marie, jusqu'en consistance sirupeuse, et y ajoutant alors de l'alcool absolu, il se forme un précipité volumineux, blanchâtre, qu'on fait dessécher à l'air. La pepsine, ainsi obtenue, contient toujours une petite quantité d'acide acétique qu'on ne parvient à lui enlever complètement, qu'en la chauffant pendant quelques heures au bain marie. On obtient alors une poudre blanche, qui dissoute dans l'eau ne manifeste plus la moindre réaction acide.

M. Vogel donne à cette substance la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 57,72 |
| Hydrogène..... | 5,67 |
| Azote..... | 21,09 |
| Oxygène, etc..... | 15,52 |
| | 100,00 |

M. Vogel a fait en outre l'expérience suivante, qui établit une analogie très prononcée entre le mode d'action de cette substance et celui de la diastase.

Il fit dissoudre deux grains de pepsine dans de l'acide chlorhydrique étendu, et plaça dans ce liquide, porté à une température de 28°, des morceaux de viande de bœuf cuite. Au bout de quelques heures, la viande devint diaphane sur ses bords, et quelque temps après, elle était complètement dissoute; il ajouta alors de nouvelles portions de viande, jusqu'à ce que les derniers morceaux restassent sans se dissoudre. En recherchant ensuite la quantité de pepsine inaltérée, il trouva qu'elle s'élevait à 1,98. Cette diminution de poids est si faible qu'on peut la considérer comme nulle.

Ainsi, on retrouve la quantité entière de pepsine qui a été employée pour une expérience de digestion, et on reproduit avec elle de nouvelles digestions à volonté; ce résultat semble suffisant pour établir que la pepsine sert seulement à disposer les aliments à la solubilité sans éprouver elle-même une altération quelconque.

M. Deschamps, pharmacien à Avallon, a fait de son côté, de curieuses observations sur la présure, c'est à dire le liquide qu'on obtient au moyen de la caillette du veau, et de l'alcool affaibli. Il a reconnu que le principe actif de la présure était produit par la membrane muqueuse de l'estomac. Il s'est assuré de plus qu'elle n'existe ni dans les autres parties du tube digestif, ni dans le jabot et dans le ventricule succenturié des gallinacés, mais qu'on la retrouve dans la muqueuse du gésier de ces animaux, qu'elle est propre à l'estomac de tous les animaux, et que ses fonctions sont essentielles à la digestion, car elle favorise la chymification.

M. Deschamps désigne cette partie active de la présure sous le nom de chymosine. Pour obtenir la chymosine brute, on verse un petit excès d'ammoniaque dans la présure. On filtre, on lave et on fait sécher le précipité. A l'état sec, cette matière ressemble à de la gomme. Hydratée ou sèche, elle est complètement insoluble dans l'eau

pure; elle se dissout, au contraire, dans l'eau acidulée. Ce liquide possède encore les mêmes propriétés que la présure, quoiqu'à un moindre degré. L'action de la présure, comme on le voit, n'est pas éteinte dans la chymosine isolée. La chymosine est-elle identique avec la pepsine? c'est ce que nous ne saurions affirmer, l'analyse de la chymosine n'ayant point encore été faite, et la comparaison entre ces deux corps n'ayant pas été suivie dans des expériences de digestion artificielle avec le détail nécessaire pour permettre de prononcer sur leur différence ou sur leur identité.

Quoi qu'il en soit, il existe évidemment un principe de la nature des ferments, qui dans l'acte de la digestion favorise ou détermine la dissolution des viandes, et en général, des matières azotées neutres. Un autre principe analogue et peut-être identique avec celui-là, se retrouve dans la présure; il détermine d'abord la coagulation du caséum, et probablement qu'il en favorise ensuite la dissolution sous une forme nouvelle.

Dans ces derniers temps, quelques observations nouvelles de MM. Saudras et Bouchardat ont permis de classer d'une manière plus satisfaisante quelques unes des observations dont cette matière avait été l'objet. Ils ont reconnu en effet que si l'on mêle 6 parties d'acide chlorhydrique du commerce, et 10,000 parties d'eau, on obtient un liquide doué de la singulière propriété de transformer la fibrine, le blanc d'œuf durci, la viande, le gluten, etc. en une gelée volumineuse et translucide.

C'est en cela que consiste évidemment l'action du suc gastrique, en tant qu'il agit comme liqueur acide.

Mais, nous avons reconnu M. Cahours et moi, que si l'on ajoute au liquide formé de 6 parties d'acide hydrochlorique pour 10,000 d'eau, quelques gouttes de présure, on obtient un liquide dans lequel la fibrine se dissout en quelques heures, au point de passer au travers du filtre sans

difficulté. Il ne se forme plus de gelée consistante et tremblante, comme dans le cas où l'on agit avec l'acide seul.

Ainsi, dans le suc gastrique, il y a deux agents; l'acide qui ramollit et gonfle les matières azotées; la pepsine ou la chymosine qui en déterminent la liquéfaction par un effet analogue à celui de la diastase sur l'amidon.

### FERMENTATION AMMONIACALE.

3613. Je désigne sous ce nom la fermentation de l'urée, c'est à dire sa conversion en carbonate d'ammoniaque, sous l'influence de l'eau, d'un ferment et d'une température favorable.

| | |
|---|---|
| L'urée renferme..... | $C^4\ H^8\ Az^4\ O^2$ |
| qui en fixant..... | $H^4\ \ O^2$ |
| donne..... | $C^4\ O^4 + Az^4\ H^{12}$ |

C'est à dire 4 volumes d'acide carbonique et 8 volumes d'ammoniaque, propres à former le carbonate d'ammoniaque ordinaire.

La fermentation de l'urée joue, à coup sûr, un très grand rôle dans les phénomènes par lesquels la vie végétale et la vie animale se prêtent une mutuelle assistance. C'est en se convertissant en carbonate d'ammoniaque, par sa fermentation, que l'urée devient propre à servir d'aliment aux plantes, et c'est par le concours du mucus que l'urine renferme et qui se convertit en ferment, que la transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque s'opère; de telle sorte que l'urée constitue un corps neutre et innocent tant qu'elle séjourne dans la vessie urinaire, et se transforme en un produit volatil et alcalin dès qu'elle est abandonnée à l'air.

Tous ces faits ont été mis en pleine évidence, il y a dix ans, dans mon laboratoire, par M. Jaquemart qui, en se dirigeant d'après quelques vues que je lui avais commu-

niquées sur cette fermentation, a été conduit aux résultats suivants qu'il a bien voulu rédiger à ma demande.

Je rappelle que l'urée pure et la levure de bière, mis en présence, ne donnent pas signe de décomposition, même après quelques jours. Il n'en est plus de même de la levure de bière ajoutée à l'urine en nature.

L'urine provenant d'un homme sain, et recueillie dans des vases très propres, s'altère lentement, même par une température de 22 degrés centigrades et par un temps orageux. Elle se trouble légèrement, quelques heures après avoir été recueillie, et laisse déposer une substance très légère et très floconneuse, puis elle redevient limpide. Ce n'est que le neuvième ou le dixième jour qu'elle commence à faire effervescence avec les acides et à laisser dégager de l'acide carbonique. Le quatorzième jour, elle donne 9 fois son volume d'acide carbonique, c'est à dire 75 à 80 pour cent de ce qu'on devrait obtenir, si la décomposition de l'urée était totale.

Dans de l'urine provenant de la même source et obtenue au même moment, on a delayé 1 pour cent de levure de bière. Dès le cinquième ou sixième jour, cette urine traitée par l'acide donnait 6,7 fois son volume d'acide carbonique. Le septième jour, elle donnait 12,6 fois son volume de gaz.

Dans une autre portion, on a délayé 4 pour cent de levure de bière, et dès le cinquième jour, l'acide produisait un dégagement de gaz de 10,4 fois le volume de l'urine. Le septième jour, on obtenait 12,6 volumes de gaz.

De l'urine, à laquelle on a ajouté 2,5 pour cent de colle forte, donnait dès le deuxième jour 6,66 volumes d'acide carbonique, et 10 volumes dès le troisième jour.

On a ajouté quelques gouttes d'une dissolution de carbonate d'ammoniaque à de l'urine fraiche. Ce mélange essayé immédiatement, donnait 2 volumes d'acide carbonique; cet acide provenait du carbonate ajouté. Dès le

quatrième jour, l'urine donnait 8,3 volumes de gaz. Déduisant les 2 volumes provenant du carbonate ajouté, il reste 6,3 volumes, produits par l'urine. Le cinquième jour, la décomposition était complète.

Une autre portion de cette urine fraiche, mêlée avec 8 pour cent d'urine presque complètement décomposée, donnait 6 volumes de gaz, dès le deuxième jour; le troisième jour, la décomposition était complète.

On avait remarqué que les vases disposés dans les lieux publics pour recevoir les urines, répandaient toujours une forte odeur ammoniacale. On fit vider un de ces vases, et on le lava grossièrement, de telle façon que les impuretés attachées aux parois ne furent pas enlevées. On recueillit des urines qui avaient séjourné vingt minutes dans ce vase, on les filtra à plusieurs reprises et on les mélangea avec des urines fraiches. Le premier jour, le mélange s'était fortement troublé, et après vingt-quatre heures il donnait 6 fois son volume d'acide carbonique. Le surlendemain, la fermentation était complète.

L'urine du vase même prise sans mélange, filtrée aussitôt, était complètement décomposée dans les vingt-quatre heures.

(*a*) Le dépôt blanc, qui se forme dans les vases où l'on recueille habituellement les urines, et qui se dépose pendant leur fermentation, paraît être le plus énergique de tous les agents de décomposition, ainsi que l'essai précédent le faisait supposer. Ce dépôt blanc a été recueilli sur un filtre, et desséché sur du papier à filtrer. 2 grammes ont été mêlés à 100 grammes d'urine fraiche. Ces 2 grammes étaient à l'état de pâte.

Après sept heures, l'urine donnait 3,5 volumes d'acide carbonique. Après vingt-quatre heures, la fermentation était complète.

Pour connaître le degré où était parvenue la décomposition de l'urine, et évaluer la quantité d'acide carbonique qu'elle laissait dégager, on opérait de la manière suivante.

Dans un tube gradué, plein de mercure, et plongeant dans un bain de ce métal, on faisait passer cinq divisions d'urine, puis on y introduisait environ cinq divisions d'acide sulfurique un peu étendu d'eau.

On donnait au tube des mouvements d'oscillation pour

mélanger les liqueurs. L'acide carbonique mis en liberté était mesuré à l'aide des divisions tracées sur le tube. Au moment de prendre cette mesure on mettait le mercure du tube de niveau avec le mercure de la cuvette. La liqueur provenant du mélange de l'urine et de l'acide étant agitée assez vivement en présence du gaz carbonique, on a toujours supposé que le liquide dissolvait son volume d'acide carbonique.

| | | |
|---|---|---|
| Exemple : Urine..... | 5 | divisions. |
| Acide..... | 3 | — |
| | 8 | — |
| Gaz dégagé..... | 27,5 | — |
| Gaz au total..... | 35,5 | divisions ou sept |

fois le volume de l'urine.

On ajoute au volume du gaz les 8 divisions de liquide, parce qu'on admet que ce liquide a dissous son volume de gaz.

### FERMENTATION NITREUSE.

D'après la théorie d'Ampère, l'oxyde d'ammonium, tel qu'il existe dans les sels ammoniacaux, renferme $Az^2H^8O$, ce qui en fait l'équivalent de l'acide azotique $Az^2O^5$. Il serait donc possible que les phénomènes des nitrières fussent expliqués quelque jour, par une fermentation qui aurait pour effet de convertir l'oxyde d'ammonium en acide azotique par une absorption d'oxygène. Si l'alcool se change en vinaigre par une véritable fermentation; il doit en être ainsi de la conversion de l'oxyde d'ammonium en acide azotique.

### FERMENTATIONS CASÉEUSE ET PUTRIDE.

Le caséum se convertit en fromage, quand après l'avoir coagulé par la présure, on l'abandonne à lui-même sous certaines conditions. C'est même là le véritable et le meilleur caractère spécifique du caséum. Dans la production du fromage, il y a évidemment intervention d'un ferment qui se forme peu à peu et décomposition du caséum en produits nouveaux par l'effet d'une véritable fermentation. Mais ces phénomènes sont un peu compliqués, et nous trouverons quelque avantage à les étudier, en même temps que nous examinerons les propriétés du lait et la fabrication du fromage.

Il serait, à coup sûr, plus que prématuré d'essayer aujourd'hui une esquisse des réactions si diverses et si nombreuses dont l'ensemble constitue la fermentation putride. Contentons-nous de faire ressortir les analogies si évidentes qui rangent ce phénomène parmi les fermentations.

Pour que les matières animales ou végétales, et surtout les premières puissent entrer en putréfaction, il faut qu'elles aient le contact de l'air, celui de l'eau et qu'elles soient exposées à l'influence d'une température comprise dans les limites convenables aux fermentations proprement dites.

A zéro et au dessous, toute putréfaction cesse. A 100° et au dessus, on n'en aperçoit plus trace.

Bien plus, le contact d'une matière en putréfaction excite de la façon la plus sûre, et souvent la plus rapide, la putréfaction générale des substances animales avec lesquelles on les mélange.

Privée d'air ou d'eau, mêlée de sels avides d'eau ou de corps qui comme l'alcool, la créosote, le tannin, le sublimé corrosif et certains sels métalliques, peuvent coaguler l'albumine, une substance animale se conservera, sans offrir aucun signe de putréfaction.

Le chlore, la plupart des acides, le charbon jusqu'à un certain point, la préserveront aussi.

Dans la plupart des cas, au moment où la putréfaction commence, des myriades d'animalcules microscopiques se montrent, et semblent naître aux dépens de la matière même de la substance animale qui se désagrègerait pour les produire. A ces animalcules en succèdent d'autres, qui périssent et se décomposent à leur tour, de telle façon, que la décomposition finale est le résultat d'un grand nombre de réactions successives.

Aussi, tout en admettant que la putréfaction appartient au groupe de phénomènes qui nous occupe, dirons-nous qu'il y a probablement plusieurs sortes de fermentations putrides, qui seront caractérisées par une étude ultérieure de cette classe importante de faits, et que nous examinerons dans une autre partie de cet ouvrage, où il sera question, en même temps, des moyens propres à les prévenir.

## CHAPITRE VI.

### BLÉS. — FARINES. — MOUTURE. — PANIFICATION.

3614. Le grain des céréales, et celui du froment en particulier, renferme un assemblage de principes immédiats qui le rend parfaitement propre à la nourriture d'un grand nombre d'animaux. Parmi ces principes, on distingue une matière azotée neutre plus ou moins abondante, des matières grasses, de la fécule et des sels alcalins ou terreux. Tous ces produits jouent un rôle également indispensable dans la nutrition ou l'entretien de la vie.

Parmi eux, nous connaissons déjà la fécule; nous allons faire une connaissance sommaire avec les autres.

Lorsqu'on humecte avec de l'eau la farine de blé, de manière à en former une pâte ferme et homogène, et qu'on malaxe ensuite cette dernière sous un mince filet d'eau, il reste entre les mains de l'opérateur, lorsque celle-ci passe tout à fait claire, une substance d'un blanc grisâtre, élastique, tenace, d'une odeur fade à laquelle les anciens chimistes ont donné le nom de *gluten*.

La liqueur trouble qui s'écoule entraîne la fécule avec quelques débris de gluten, et se charge de tous les produits solubles.

En abandonnant cette liqueur au repos la fécule se dépose; la liqueur éclaircie étant ensuite soumise à l'ébullition, on voit se former à sa surface des écumes qui se contractent sous forme de flocons grisâtres, et qui présentent la plus parfaite analogie avec l'albumine coagulée.

Si, après avoir séparé par le filtre la matière albumineuse, on évapore au bain-marie le liquide jusqu'en consistance sirupeuse, il est facile d'y reconnaître la présence

du sucre et d'une matière gommeuse analogue à la dextrine, sinon identique avec elle.

D'autre part, si l'on examine de plus près le gluten brut dont nous avons parlé plus haut, il est facile d'y reconnaître la présence de quatre substances distinctes qu'on peut séparer de la manière suivante :

On fait bouillir ce gluten brut d'abord avec de l'alcool concentré, puis avec de l'alcool affaibli; on obtient alors un résidu grisâtre que je désignerai sous le nom de *fibrine végétale*.

Les liqueurs alcooliques, abandonnées au refroidissement, laissent déposer une substance floconneuse qui possède un grand nombre des propriétés par lesquelles on caractérise la caséine.

Enfin, si l'on concentre les liqueurs alcooliques jusqu'en consistance sirupeuse, et qu'on y ajoute de l'eau, il se précipite une substance pultacée qui offre les propriétés des matières albumineuses, mais qui par la spécialité de quelques uns de ses caractères, mérite un nom particulier : nous lui donnerons celui de *glutine*.

Il se précipite avec la glutine une matière grasse qu'on peut facilement extraire au moyen de l'éther, et qui offre toutes les propriétés des huiles grasses, ou mieux des matières butyreuses dont elle se rapproche par son point de fusion. Cette analyse de la farine de blé, dont l'exécution ne présente aucune difficulté, et qui pourrait s'appliquer également à la farine de toutes les autres céréales, nous apprend à y reconnaître

1° L'albumine.
2° La fibrine.
3° La caséine.
4° La glutine.
5° De l'amidon.
6° Du glucose et de la dextrine.
7° Des matières grasses.

Nous allons donner en un tableau la composition des matières albumineuse, caséeuse et fibrineuse, extraites de la farine de froment.

| | ALBUMINE. | CASÉINE. | FIBRINE. |
|---|---|---|---|
| Carbone..... | 53,74 | 53,46 | 53,23 |
| Hydrogène..... | 7,11 | 7,13 | 7,01 |
| Azote..... | 15,65 | 16,04 | 16,40 |
| Oxygène, etc..... | 23,50 | 23,37 | 23,46 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

La glutine fournit à l'analyse des nombres, qui ramenés en centièmes, donnent :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 53,20 |
| Hydrogène..... | 7,17 |
| Azote..... | 15,94 |
| Oxygène, etc..... | 23,69 |
| | 100,00 |

Or, on voit en jetant les yeux sur le tableau ci-dessus, que cette composition est sensiblement la même que celle que présentent l'albumine et la caséine.

Nous rapporterons maintenant les résultats d'analyses de diverses farines faites par Vauquelin.

Le procédé mis en usage a été le même pour tous les échantillons.

1° On a pris des quantités égales de chaque farine, on les a tamisées à plusieurs reprises de manière à pouvoir estimer la quantité de son et de farine pure qu'elles fourniraient;

2° On a déterminé la quantité d'humidité qu'elles con-

tenaient en les desséchant pendant deux heures à une douce température ;

3° Le gluten a été recueilli avec tous les soins possibles ; chaque portion de gluten obtenue a été pesée humide et pesée de nouveau après avoir été desséchée ;

4° Les eaux de lavage n'ont été décantées qu'après un repos de quelques heures, de manière à laisser précipiter tout l'amidon tenu en suspension : chaque quantité d'amidon a été bien desséchée, pulvérisée et pesée ;

5° Pour obtenir séparément chacune des matières dissoutes dans les eaux de lavage, on commençait par les évaporer en extrait solide ; cet extrait repris par l'alcool, fournissait toute la dextrine enlevée par l'eau à chaque farine : la liqueur alcoolique qui contenait la matière sucrée, était évaporée en extrait sec et pesée.

En suivant constamment ce procédé pour chacun des échantillons des farines soumises à l'analyse, on est arrivé aux résultats suivants :

| | FARINE brute de froment. | FARINE de méteil. | FARINE de blé dur d'Odessa. | FARINE de blé tendre d'Odessa | FARINE de blé tendre d'Odessa, 2e qualité. |
|---|---|---|---|---|---|
| Eau . . . . . | 10,000 | 6,000 | 12,000 | 10,000 | 8,000 |
| Gluten. . . . . | 10,960 | 9,800 | 14,550 | 12,000 | 12,000 |
| Amidon. . . . . | 71,490 | 75,500 | 56,500 | 62,000 | 70,840 |
| Glucose. . . . . | 4,720 | 4,220 | 8,480 | 7,360 | 4,900 |
| Dextrine... . . . | 3,320 | 3,280 | 4,900 | 5,800 | 4,600 |
| Son resté sur le tamis. . . . . | 0,000 | 1,200 | 2,300 | 1,200 | 0,000 |
| | 100,490 | 100,000 | 98,730 | 98,360 | 100,340 |

| | FARINE de service dite seconde. | FARINE des boulangers de Paris. | FARINE des hospices, 2e qualité. | FARINE des hospices, 3e qualité. |
|---|---|---|---|---|
| Eau. . . . , . . . . | 12,000 | 10,000 | 8,000 | 12,000 |
| Gluten. . . . . | 7,300 | 10,200 | 10,300 | 9,020 |
| Amidon. . . . . , . | 72,000 | 72,800 | 71,200 | 67,780 |
| Glucose. . . . . | 5,420 | 4,200 | 4,800 | 4,800 |
| Dextrine. . . . . : | 3,300 | 2,800 | 3,600 | 4,600 |
| Son resté après le lavage. . . . . | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 2,000 |
| | 100,000 | 100,000 | 97,900 | 100,200 |

*Quantités moyennes d'amidon sec contenues dans les farines.*

| | |
|---|---|
| Farine brute de froment. . . . . | 0,7149 |
| de méteil. . . . . | 0,7550 |
| de blé dur d'Odessa. . . . | 0,5650 |
| de blé tendre d'Odessa. . | 0,6400 |
| de d° d° d°, 2e q. . | 0,7542 |
| de service (dite seconde) | 0,7200 |
| des boulangers de Paris. | 0,7280 |
| des hospices, 2e qual. . . | 0,7120 |
| dito 3e qual. . . | 0,6778 |

Ainsi, le maximum de l'amidon, dans les neuf espèces de farines examinées, est de 75 centièmes, et le minimum de 56 centièmes; c'est le blé dur d'Odessa, celui qui donne le plus de gluten, qui contient le moins d'amidon, comme on pouvait s'y attendre.

*Quantités moyennes de gluten contenues dans les farines sur 100 parties.*

| | humide | sec |
|---|---|---|
| Farine brute de froment..... | 29,00..... | 11,00 |
| d° de méteil..... | 25,60..... | 9,80 |
| d° de blé dur d'Odessa....., | ..... | 14,55 |
| d° de blé tendre d'Odessa.... | 30,20..... | 12,06 |
| d° de blé tendre d'Odessa, 2e q. | 34,»»..... | 12,10 |
| d° de service (dite seconde).. | 18,»»..... | 7,30 |
| d° des boulangers de Paris... | 26,40..... | 10,20 |
| d° des hospices, 2e qualité... | 25-30..... | 10,30 |
| d° d°, 3e qualité... | 21-10..... | 9,02 |

Il y a donc une grande différence entre les quantités de gluten des farines des blés d'Odessa et des blés de notre pays, différence qui va presque à un tiers en sus.

Il faut comparer les glutens à l'état sec, comme l'a conseillé M. Vauquelin; cette méthode est toujours plus rigoureuse, parce qu'on n'est jamais sûr par l'autre moyen, que la quantité d'eau retenue par le gluten soit la même.

Cependant, le gluten frais contient environ les deux tiers de son poids d'humidité; il se réduit par une dessiccation complète à peu près au tiers de son poids, et à cet égard il n'y a pas une grande différence entre les glutens provenant des diverses farines. Sur les 45 à 50 parties d'eau qu'un quintal de farine absorbe, près de la moitié est prise par le gluten, et le reste sert à mouiller les surfaces des grains d'amidon, comme elle mouillerait la surface d'un sable aussi divisé que l'amidon.

Cependant la farine du blé dur d'Odessa, qui contient près d'un tiers de gluten de plus que les autres farines, n'absorbe pas beaucoup plus d'eau qu'elles. Mais on peut, jusqu'à un certain point, s'expliquer cette anomalie par l'état de l'amidon de cette farine, qui loin de former une

poudre impalpable et moelleuse, se montre en petits grains durs et demi-transparents et comme cornés ; d'où il suit, qu'il faut moins d'eau pour le mouiller que s'il était complètement divisé.

Les farines contiennent toujours de l'eau qu'elles ont puisée dans l'atmosphère depuis leur mouture ou que le blé contenait avant cette opération.

Le minimum est de 6 pour 100, et le maximum de 20 ou 25. En moyenne, il faut compter sur 17 pour 100. Dans les analyses de Vauquelin, la dessiccation était imparfaite.

Mais ce que nous savons fort bien, c'est que de la farine desséchée exposée dans un lieu humide, ne tarde pas à s'échauffer, à se pelotonner, à se gâter : si on la pèse alors, on trouvera qu'elle a augmenté de 12 à 15 pour 100 et souvent plus ; c'est ce que les meuniers n'ignorent pas non plus. L'amidon le plus sec ne présente aucun de ces phénomènes ; cependant il a tiré aussi l'humidité de l'air, mais il n'offre pas les altérations si fréquentes dans les matières azotées, telles que le gluten.

L'influence de l'humidité sur les farines est très redoutable. D'une part, elle produit une altération du gluten qui rend celui-ci impropre à produire une bonne panification ; de l'autre, elle favorise la formation des sporules de divers champignons qui plus tard se développeront abondamment dans le pain : de ce nombre, diverses espèces des genres Penicilium, Oidium, etc.

Les farines des blés de 1841 ont produit en 1842, pendant un été très chaud, cet inconvénient au plus haut degré.

Les sporules, évidemment réunis sur la partie corticale du grain, se développaient surtout dans la partie inférieure des pains toujours saupoudrée de son ou de recoupette. La superposition des pains favorisait leur développement ; il en était de même de l'humidité et de la chaleur. Du reste, pendant le développement de ces champignons, la température s'élevait beaucoup, et le pain, envahi bientôt

tout entier, ne présentait plus qu'une masse rougeâtre et repoussante.

Des lavages énergiques suivis d'une prompte dessiccation, des brossages répétés du grain infecté, diminuent le nombre des sporules. En réduisant la proportion d'eau dans le pain, en augmentant la dose de sel, enfin en forçant la température de la cuisson, on rend leur développement moins facile.

*Orge.* — Il en sera question plus loin, au sujet de la fabrication de la bière.

*Seigle.* — A côté de l'orge et du froment vient se placer le seigle, qui, dans quelques pays, constitue pour la majeure partie la pâte du pain de la classe pauvre, et que la classe plus aisée fait entrer quelquefois par goût dans le pain.

Le seigle en grains contient :

| | |
|---|---|
| Eau | 10 |
| Enveloppe | 24 |
| Farine | 66 |
| | 100 |

La farine de seigle est composée de :

| | |
|---|---|
| Amidon | 61,0 |
| Gluten | 9,5 |
| Albumine | 3,3 |
| Glucose | 3,3 |
| Dextrine | 11,0 |
| Matière grasse | 3,0 |
| Fibre végétale | 6,4 |
| Perte et phosphates terreux et magnésiens | 3,5 |
| | 100,0 |

Le gluten de seigle est pauvre en fibrine; il n'est pas aussi cohérent, et n'offre pas cette consistance plastique que le gluten du froment nous a offerte. Ainsi, il n'est plus

possible de le retirer de la farine en la malaxant en pâte sous un filet d'eau ; si on veut le retirer en entier et ne rien perdre, il faut absolument saccharifier la fécule au moyen de l'acide sulfurique. C'est même là un procédé général qu'il faudrait employer, pour toutes les farines, dont on ne pourrait retirer le gluten par le procédé en usage pour celle de froment. Bien entendu, qu'il faut tenir compte en pareil cas des matières que l'acide peut précipiter ou que la chaleur peut coaguler.

Quand la saccharification est complète, c'est à dire quand la dissolution d'iode ne colore plus le liquide, on recueille le dépôt de gluten floconneux sur un filtre, on le lave et on le dessèche.

Quoique la farine de seigle soit moins blanche que celle de froment, elle donne un pain agréable, qui a la propriété d'être hygrométrique, et de se conserver frais pendant fort longtemps.

Le seigle possède en outre une propriété économique d'une très grande ressource ; il prospère dans des terrains impropres à la culture du froment.

3615. *Sarrasin.* — Après le seigle, nous rencontrons le sarrasin, dont l'usage est beaucoup moins répandu, et qui ne nous offre qu'un intérêt très secondaire.

Voici sa composition :

| | |
|---|---|
| Résine..... | 0,3 |
| Matière azotée..... | 10,5 |
| Albumine..... | 0,2 |
| Extrait..... | 2,5 |
| Sucre..... | 3,0 |
| Dextrine..... | 0,3 |
| Amidon..... | 52,0 |
| Fibres et son..... | 28,5 |
| | 100,0 |

La farine a une saveur propre, elle ne donne qu'un pain lourd, mal levé.

Elle se caractérise par des matières résineuses et huileuses particulières qui causent une sorte d'ivresse aux animaux qui en mangent pour la première fois.

3616. *Maïs.* — Une des fécules les plus remarquables, tant au point de vue physique et chimique que par sa constitution naturelle, est celle du maïs.

Le maïs est très productif dans les pays chauds, comme à la Havanne par exemple. On peut en une seule saison obtenir quatre récoltes parfaites; dans beaucoup d'autres pays, on peut facilement en obtenir deux.

Il constitue un aliment très agréable, d'une digestion facile; les individus qui en mangent, pendant quelque temps, présentent des symptômes d'accumulation de graisse dans leurs tissus; ce qui ne paraîtra pas étonnant, lorsqu'on songe qu'un boisseau de maïs peut fournir un litre d'huile grasse.

Voici, du reste, la composition du maïs, d'après M. Payen :

| | |
|---|---|
| Amidon..... | 7,1 |
| Mat. azotée..... | 1,2 |
| Mat. grasse..... | 8,9 |
| Mat. colorante... | 0,05 |
| Cellulose ..... | 5,0 |
| Dextrine..... | 0,5 |
| Sels divers..... | 1,8 |
| | 24,55 |

La forme de la fécule de maïs est tout à fait particulière et dépend en grande partie de la constitution du grain de maïs, qui se compose d'une substance centrale et d'une substance corticale très dense. Dans l'intérieur du grain, les granules de fécule libres sont ovoïdaux ou sphériques, présentant souvent un hile fendillé ou étoilé. Les fentes sont toujours au nombre de deux ou trois, parfois quatre, en tout semblables à celles qui se voient dans le hile des fé-

cules âgées. A mesure que le grain grossit, le hile éclate.

Dans la partie corticale, qui est très dense, les grains de fécule se soudent, chaque grain comprimé par ses voisins en acquiert des formes polyédriques : ils ressemblent par leur arrangement au tissu cellulaire. Il y a donc deux sortes de grains distincts dans le maïs ; ceux qui se trouvent dans l'intérieur sont libres et humides ; ceux de la partie corticale sont adhérents et ne se séparent pas ; on peut les concasser, mais la farine en est toujours rugueuse. Les grains ne se disjoignent pas ou se disjoignent du moins avec d'autant plus de difficulté, qu'ils se trouvent placés plus extérieurement.

La structure du maïs fait facilement comprendre la manière dont il se comporte au feu. En exposant les grains de maïs au feu, ils éclatent ; la fécule libre qui se trouve à l'intérieur s'épanouit par les crevasses. La chaleur vaporise en effet l'eau dans l'intérieur du grain ; il arrive un moment où la tension de la vapeur étant plus forte que la résistance que la partie corticale peut lui offrir celle-ci se brise, la vapeur ne pouvant pas la traverser à cause de sa trop grande densité.

Le maïs est un aliment trop important pour que nous n'arrêtions pas notre attention sur la substance grasse abondante qu'il renferme. Elle joue un rôle évident et remarquable dans les phénomènes de l'engraissement des volailles ou des porcs par le maïs.

Le maïs mérite l'attention à d'autres titres encore, au point de vue industriel. La tige du maïs renferme des quantités considérables de sucre de canne, de telle sorte qu'on pourrait l'en extraire avec profit peut-être. Mais dans ce cas, il faut ôter au maïs la faculté de porter graine, en châtrant la plante, comme l'a proposé M. Pallas : on ne peut donc obtenir les deux récoltes à la fois.

Enfin, les feuilles du maïs peuvent aussi recevoir une

application utile; on a proposé de les employer à la fabrication du papier.

*Riz.* — Dans le commerce, il y a deux variétés principales de riz, qui sont connues d'après leur origine sous le nom de riz de la Caroline et de riz du Piémont.

| | Riz de la Caroline. | Du Piémont. |
|---|---|---|
| Huile grasse | 0,1 | 0,2 |
| Sucre | 0,3 | traces |
| Dextrine | 0,7 | traces |
| Amidon | 85 | 84,0 |
| Gluten | 3,6 | 3,6 |
| Fibre végétale | 4,8 | 4,8 |
| Sels de potasse, phosphate de chaux et perte | 5,5 | 7,4 |
| | 100,0 | 100,0 |

L'eau entraîne la matière azotée du riz. Il en résulte que cette analyse la dose trop bas ici; sa quantité s'élève au moins à 6 ou 7 pour cent.

Il y a quelques années cette substance a été l'objet d'un mémoire présenté à l'Académie des sciences sur son emploi dans la panification. L'auteur de ce mémoire d'après des expériences qu'on a tout lieu de croire exactes, a prouvé qu'un septième de farine de riz ajoutée au pain lui donne la propriété de fixer beaucoup plus d'eau. Il supputait d'après ces expériences, qu'il en résulterait une économie considérable sur la quantité de céréales consommées chaque année en France. Mais, en définitive, un homme qui mange un pain pareil, ne consomme en réalité que le pain supposé sec qui entre dans son estomac, quoiqu'il ingère en même temps de l'eau, qui s'en va par les urines ou la transpiration.

3617. *Légumineuses* — Un autre genre de farines joue un grand rôle dans l'alimentation; ce sont les fécules ou mieux les farines des fèves, des haricots, des pois et des

lentilles; en un mot toutes les farines des légumineuses. Outre la fécule, ces matières contiennent une substance que je nommerai légumine et qui se rapproche à divers titres du caséum et de la fibrine; elle se trouve dans quelques unes de ces plantes en quantité aussi considérable que le gluten dans le froment des pays chauds. Voici la composition de ces légumes :

| | FÈVES de marais. | HARICOTS. | POIS. | LENTILLES. |
|---|---|---|---|---|
| Amidon . . . . . | 34. | 42.0 | 42.6 | 33.0 |
| Légumine . . . . . | 11. | 18.2 | 18.4 | 37. |
| Matière azotée soluble | » | 5.4 | 8.0 | » |
| Albumine. . . . . | 1. | » | » | 1. |
| Dextrine . . . . . | 4.5 | » | » | |
| Glucose . . . . . | » | 0.2 | 2.0 | 9. |
| Pectine . . . . . | » | 1.5 | 4.0 | |
| Extrait amer . . . . | 3.5 | » | » | » |
| Fibre amylacée . . . | 16. | » | » | » |
| Graisse jaune. . . . | » | 0.7 | » | » |
| Fibres . . . . . | » | | | » |
| Sels. . . . . | 1. | 9. | | » |
| Son. . . . . | 10. | | 13.0 | |
| Tannin. . . . . | | » | | 20. |
| Huile verte. . . . . | » | » | | |
| Eau. . . . . | 20. | 23. | 12. | |
| | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

La connaissance de ces analyses ne suffirait cependant pas pour se rendre un compte bien exact de l'importance de ces matières regardées comme aliment.

Les haricots renferment du soufre en grande proportion, et en général toutes les plantes de la famille des légumineuses et des crucifères sont dans ce cas. Cela nous explique la propriété qu'elles ont toutes de donner par leur décomposition spontanée du gaz hydrogène sulfuré ou du sulfure d'ammonium. Mais de plus on est involontairement entraîné à se rappeler les effets du plâtre dans certaines cultures et en particulier dans celle des prairies artifi-

cielles. On connaît l'expérience de Franklin sur l'emploi du plâtre; il avait jeté du plâtre sur des prairies semées de trèfle en y traçant ces mots : *Effets du plâtre ;* la végétation se montra jusqu'au bout, plus belle et plus active dans la partie arrosée de plâtre que dans les parties voisines, de telle façon que pendant toute la durée de la végétation, on pouvait lire cas caractères.

Quand on emploie le plâtre pour d'autres plantes que les légumineuses ou les crucifères, son emploi peut devenir inutile ou même nuisible.

Nous ne pouvons discuter, pour le moment, comment l'assimilation du soufre se fait, il est de fait qu'elle a lieu; on sait, du reste, que le plâtre ou le sulfate de chaux en présence des matières organiques peut se changer en sulfure de calcium; le sulfure de calcium est décomposé par l'acide carbonique de l'air en carbonate de chaux et hydrogène sulfuré; celui-ci, à son tour, peut être décomposé par l'oxygène de l'air en eau et en soufre. Ces réactions ont probablement lieu dans la végétation et peut-être se passent-elles dans les sèves des plantes elles-mêmes ou dans leurs feuilles. On est d'autant plus fondé à le croire que les plantes, qui réduisent l'acide carbonique et qui réduisent l'eau doivent, à plus forte raison réduire le sulfate de chaux.

Quoi qu'il en soit, constatons la nature et les propriétés de la légumine pour lui faire sa part dans la manière dont elle intervient dans les phénomènes de l'alimentation. Elle renferme :

| | |
|---|---|
| Carbone | 50,4 |
| Hydrogène | 6,9 |
| Azote | 18,2 |
| Oxygène<br>Soufre, phosphore | 24,5 |
| | 100,0 |

Elle contient donc moins de carbone, moins d'hydro-

gène; mais en revanche une quantité considérable d'azote, de plus que l'albumine et le caséum.

A froid, elle se dissout dans l'eau et se précipite, quand on y ajoute quelques gouttes d'acide acétique; mais un excès d'acide la redissout complètement.

Elle se coagule par l'ébullition et mieux sous l'influence de certaines substances, mais particulièrement des sels de chaux; les légumineuses en général cuites dans des eaux calcaires ne se ramollissent pas de la même manière que quand elles sont cuites dans des eaux exemptes de chaux.

3618. *Amandes.* — La légumine se retrouve dans l'amande douce, l'amande amère, la moutarde blanche et beaucoup de graines émulsives, où elle est en conséquence associée avec des matières grasses, et où on ne retrouve point de fécule. Voici, comme exemple, la composition des amandes amères et des amandes douces :

| | Amandes douces. D'après M. Boullay. | | Amandes amères. D'après M. Vogel. |
|---|---|---|---|
| Huile | 54 | | 28,0 |
| Sucre | 6 | | 6,5 |
| Gomme | 3 | | 3,0 |
| Légumine et albumine | 24 | | 30,0 |
| Fibres | 4 | | 5,0 |
| Pellicules | 5 | | 8,5 |
| Eau, etc | 4 | Et produits divers. | 29,0 |
| | 100 | | 100,0 |

Dans l'analyse de M. Vogel, on n'a pas tenu compte de l'amygdaline, qui n'était pas connue.

3619. *Fécules diverses.* — Enfin, dans une dernière classe se placent les fécules elles-mêmes exemptes de tout entourage de matières grasses ou de matières animales; quelques unes d'entre elles méritent l'attention.

*L'arrow-root* est la fécule du maranta indica, elle pos-

sède une telle analogie avec la fécule de pomme de terre, qu'on pourrait les confondre ; cependant, elle n'offre pas des stries ou des sillons à la surface des grains comme la fécule de pomme de terre ; elle est complètement lisse.

Ce qui distingue principalement ces deux fécules, c'est que celle de l'arrow-root ne contient pas cette huile désagréable que l'alcool enlève à la fécule de pomme de terre. Comme aliment, elle plaît davantage.

Le *sagou* est la fécule du sagus farinaria, extraite de la moelle de celui-ci ; après son extraction on l'épaissit avec de l'eau et on la dessèche sur des plaques chaudes en la façonnant à la manière des pâtes.

Le *salep*, bulbe de l'orchis mascula, s'obtient en faisant bouillir les bulbes pendant quelque temps et les desséchant ensuite. Il renferme plutôt des matières mucilagineuses et gommeuses que de la fécule proprement dite.

Le *tapioka* se retire du jatropha manioc principalement. Son extraction est remarquable par la grande quantité d'acide cyanhydrique que le suc de la plante contient. En le distillant, les premiers produits, à la dose de 36 gouttes, peuvent occasionner la mort d'un homme en six minutes. Bien entendu, que cet acide ne préexiste pas dans la plante et qu'il se forme après le râpage. Il serait donc fort curieux de déterminer en quoi consiste le corps qui lui donne naissance.

Les racines du manioc sont d'abord lavées et râpées ; la pulpe est séchée sur des plaques chaudes ; c'est par cette opération qu'elle perd ses propriétés vénéneuses ; et dans cet état elle constitue l'aliment principal des nègres ; elle est propre alors à faire le pain qu'on connaît sous le nom de pain de cassave.

Le suc exprimé de cette plante dépose une fécule connue sous le nom de moussache ; délayée dans l'eau chaude, passée à travers un linge, puis évaporée et granulée pendant la dessication, elle constitue le tapioka du commerce.

MOUTURE.

5620. Les farines de blé varient suivant la nature des blés employés et le système de mouture suivi. Nous avons vu comment on classe en général le petit nombre d'espèces et les nombreuses variétés de froment en trois catégories principales : les blés durs, demi-durs et tendres ou blancs. Quant aux systèmes de mouture en usage, ils sont au nombre de trois et on les distingue par les dénominations de *mouture économique*, *mouture anglaise* et *mouture à gruaux blancs*. Tous les grains peuvent être réduits en farine par le premier système; les blés demi-durs et tendres conviennent mieux au deuxième; enfin le troisième ne peut traiter avantageusement que les blés demi-durs à grains volumineux et réguliers; nous en donnerons les motifs n décrivant chacune des trois opérations.

5621. *Mouture économique*. Dans cet ancien procédé, répandu encore en France, d'où par degrés les deux autres tendent à l'exclure, on se sert en général de meules de cinq pieds de diamètre, tournant avec une vitesse de soixante tours par minute. Le blé convenablement nettoyé est monté dans la trémie à l'aide de tire-sacs ou de chaînes sans fin à godets. Le mouvement de va et vient et les secousses de la planchette ou babillard le font couler dans l'ouverture de la meule supérieure. Celle-ci est pour cette première mouture plus soulevée par l'anille que dans les opérations subséquentes; c'est que d'abord on veut, tout en écrasant et triturant le périsperme du grain, ménager les téguments afin qu'ils puissent mieux se séparer au bluttage ou dodinage ; c'est dans cette intention aussi que l'on a soin d'humecter les blés, s'ils sont trop secs au moment de les moudre. On conçoit qu'on rende ainsi moins friables et plus souples les membranes corticales grises qui rendraient la farine plus rude et moins blanche. Les mêmes précautions au reste et avec plus de soin encore, doivent être prises dans les deux autres sortes de mouture.

Le premier bluttage extrait la première farine qui traverse le tissu, les gruaux plus gros et lourds qui passent plus loin ; il élimine le son plus léger et volumineux. On reporte entre les meules, alors plus serrées, les gruaux dont la mouture donne une deuxième farine blanche et les seconds gruaux. Ceux-ci remoulus produisent encore une certaine quantité de farine blanche et des gruaux.

Les moutures des quatrième et cinquième gruaux donnent une farine que l'on sépare sous la dénomination de farine bise, et des issues, appelées remoulages ou recoupes, qui contiennent les parties dures et grisâtres avoisinant l'enveloppe des grains.

Le tableau suivant des résultats moyens obtenus de cette mouture sur cent kilogrammes de blé nettoyé complètera l'idée que l'on doit se faire de ce système.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Farine blanche | 1re farine dite de blé | 38 k. | 33 | 66 |
| | 2e — de 1er gruau | 19 | 16 | |
| | 3e — de 2e id. | 8 | 51 | |
| Farine bise | 4e farine de 3e gruau | 5 | | 8 33 |
| | 5e — de 4e id. | 3 | 33 | |
| Issues | Sons gros et menus | 10 | 82 | 23 32 |
| | Remoulage et recoupe | 12 | 50 | |
| Déchet | | | | 2 34 |
| | | | | 100 |

5622. *Mouture anglaise.* La mouture anglaise est fort simple : elle consiste à écraser tout le grain, du premier coup, de façon à atteindre les parties farineuses qu'il suffit ensuite de séparer du son au moyen d'un bluttage ordinaire et d'un repassage dans des blutteaux à brosses tournant avec une vitesse de neuf cents tours par minute. Les meules doivent être assez serrées et tourner rapidement pour produire cet effet : elles font cent vingt tours par minute, mais n'ont que quatre pieds de diamètre. Une paire de meules emploie la force de quatre chevaux. On doit faire passer toute la

mouture dans un réfrigérant muni d'un agitateur, afin d'éviter les altérations que produirait l'échauffement de la farine. Voici les résultats ordinaires de cette mouture pour 100 kilogrammes de blé demi-dur, bien propre :

| | | |
|---|---|---|
| Farine à pain blanc | 58 k. | |
| Id. à pain demi-blanc | 14 | des blut. à brosses. |
| Sons gros et petits | 26 | |
| Déchet | 2 | |
| | 100 | |

5623. *Mouture à gruaux blancs.* Le procédé que nous allons décrire a pour but de produire les belles farines qui servent à préparer ces pains de luxe dits de gruaux, dont la consommation s'étend chaque jour davantage dans les grandes villes.

Ce procédé consiste à écorcer et concasser le grain, de façon à séparer non seulement les parties corticales externes, mais encore celles qui sont repliées dans l'intérieur du grain, puis à moudre les gruaux ainsi épurés. Voici comment on opère.

D'abord on a fait choix de froment de bonne qualité, demi-dur, exempt de charbon et de carie, non *bouté*. On procède à un nettoyage énergique, en faisant passer le grain monté au quatrième étage : 1° dans un tarare à double volée, en tôle piquée et muni d'un ventilateur ; 2° dans un deuxième tarare dont la troisième volée est également munie d'un ventilateur ; 3° dans un crible battant de trois mètres de longueur.

Arrivé alors dans la maie, du rez de chaussée, le grain propre est repris et monté à la trémie des moulins : les meules doivent être écartées *à point* pour écorcer le grain et bien détacher les gruaux, en formant le moins possible de folle farine. Le produit tombe dans un blutoir en étamine qui sépare la farine dite à vermicelle ou petit blanc.

On procède alors au travail des bluteries : le mélange de gruaux et son est versé dans la bluterie supérieure, garnie en soie de Lyon. Le tissu, de plus en plus large, correspond à trois cases du récipient : la première case reçoit les gruaux *fins-finots* donnant la farine de première marque ; les gruaux moyens et les gros, extraits des deuxième et troisième cases, sont traités séparément et débarrassés de son à l'aide de tasserie mécanique, puis complètement épurés par 2 kil. 1/2 à la fois sur des tas ronds en peaux mus à la main ; enfin on les porte à *l'enturlu*, où la rotation les prive de folle poussière.

Les gruaux, après ces épurations, prennent le nom de *semoule* ; on les soumet à la mouture ; la farine est passée dans un réfrigérant, puis dans une bluterie anglaise et les gruaux de celle-ci, remoulus, produisent une farine qui, mêlée à la précédente, donne le numéro 1. Les moutures des troisième et quatrième gruaux fournissent le numéro 2. La cinquième mouture produit la *farine* dite *blanche*. La sixième mouture, jointe à la farine d'écorçage se vend sous le nom de farine à vermicelle. La septième enfin est dite farine bise.

Voici quels sont les produits d'une cinquième mouture à gruaux blancs, faite sur 100 setiers de 165 lit. pesant 125 k.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Mat.* 1re | 100 setiers pesant | | 12,500 k. |
| Produits. | Criblures ou petit blé | | 100 |
| | Farine à vermicelle, 16 sacs × 159 k. | | 9,699 |
| | — gruaux n° 1, 16 id. | | |
| | — — n° 2, 5 id. | | |
| | — blanche, 9 id. | | |
| | — bise 15 id. | | |
| Issues. | Son, 15 id. × 50 | | 2,500 |
| | Recoupe, 10 id. × 80 | | |
| | Remoulage, 10 sacs de 150 à 110 | | |
| Déchet | | | 201 |
| | | Egal..... | 12,500 |

## VERMICELLE ET PATES.

5624. On donne ces noms à des pâtes de farine et d'eau, consistantes, refoulées en fils, cylindres creux, ou lanières parfois cannelées et découpées, que l'on conserve sèches et qui s'emploient surtout dans la confection des potages et des macaronis.

Les farines de blés durs qui contiennent plus de gluten sont préférables pour obtenir ces produits. Elles les donnent de très bonne qualité, susceptibles d'être gonflés et hydratés sans se désagréger par l'eau, le bouillon ou le lait chauffés même à l'ébullition.

On conçoit ainsi la préférence accordée aux pâtes des contrées méridionales où les blés durs abondent, tandis que les blés tendres ou moins durs et moins riches en gluten donnent des pâtes moins liantes, plus opaques et peu estimées. Les farines de ces blés peuvent, cependant, donner d'excellents produits en ce genre, si l'on y ajoute du gluten extrait d'une autre portion des mêmes farines, selon le nouveau mode de préparation de l'amidon des céréales.

Dans le Midi, on fait choix d'un blé dur, on le nettoie, on le passe au blutoir pour séparer les grains petits des gros grains. Les premiers sont réduits en farine; les gros grains fournissent la semoule ou gruau. On ménage donc la mouture de ceux-ci de manière à produire beaucoup de gros fragments, qui séparés du son et de la farine constituent le gruau. Toutes les farines réunies sont converties en vermicelle.

Il est enfin utile parfois de préparer des vermicelles économiques blancs et faciles à cuire, en ajoutant à la farine plus glutineuse, tirée de la mouture à gruaux blancs, une certaine proportion de fécule de pommes de terre. Pour préparer cette dernière pâte, on emploie

| | |
|---|---|
| Farine à vermicelle, | 21 k. |
| Fécule blanche, | 14 |
| Eau bouillante, | 12 |

La somme de ces matières premières, 47 donne 45 kil. de pâte pétrie qui se réduit à 30 kil. de vermicelle sec. Dans sa préparation des pâtes avec addition de gluten, on prend :

| | |
|---|---|
| Farine, | 30 kil. |
| Gluten frais, | 10 |
| Eau, | 7 |
| | 47 |

Le travail est un peu plus pénible, et l'on obtient à peu près le même poids ou 30 kil. de vermicelle sec.

Cette composition donne aussi des macaronis de première qualité.

Si on se sert de farine bien moulue de blés durs, on en emploie 34 kil. 5 pour 12 kil. 5 d'eau. Le vermicelle que l'on consomme dans le Midi est aromatisé et coloré avec du safran. Celui qu'on destine aux colonies en reçoit une double dose; il perd de sa couleur dans le trajet.

Quel que soit le dosage adopté parmi les trois qui précèdent, on suit la même manière d'opérer; la pâte est très soigneusement pétrie, soit dans une brée à vermicellier, soit dans un moulin à cylindres. Lorsque le pétrissage est terminé, on porte la pâte dans un cylindre vertical, en bronze ou laiton, muni d'un fond épais en même alliage. Ce fond est percé de trous dont le diamètre correspond à la grosseur du vermicelle qu'on veut obtenir.

On a d'ailleurs des fonds de rechange, afin de préparer à volonté les vermicelles plus ou moins gros ou les tubes creux dits macaronis.

Le cylindre, rempli de pâte, est entretenu à la température de 100° à l'aide d'une double enveloppe de vapeur ou d'eau mise en circulation; un piston plein, mu de haut en bas par une vis en fer ou une presse hydraulique, s'en

fonce dans la pâte et la force de sortir en se moulant en tubes pleins ou creux, unis ou cannelés, suivant la forme donnée aux trous du fond du cylindre.

Lorsque les tubes de pâte ont acquis la longueur convenable, on les coupe tous d'un seul coup, et, pendant que de nouveaux tubes s'allongent, on évente les premiers, on les tourne et on les porte sur des claies garnies de papier au séchoir.

Les tubes creux à macaronis peuvent être séchés sur des bâtons, lorsque la pâte est suffisamment glutineuse. La forme régulière des courbures indique le mode de séchage et la qualité des pâtes; en effet les pâtes mêlées de fécule, ou provenant de blés tendres, ne se soutiennent pas ainsi, et leurs courbes irrégulières dénoncent cette circonstance particulière ainsi que leur qualité inférieure.

Les pâtes coupées en disques ou lamelles minces, circulaires, elliptiques, unis, étoilés ou ondulés, se préparent de même, si ce n'est que le *cylindre-presse* est posé horizontalement. A mesure que la pâte en sort, un couteau tournant autour de l'axe du cylindre, la coupe en parcelles plus ou moins minces, suivant qu'il tourne plus ou moins vite. La pâte a été moulée par son passage forcé dans les trous du fond. On conçoit facilement d'ailleurs que ce moulage puisse donner des tubes creux ou des disques percés, à la seule condition d'adapter au milieu de chacun des trous un mandrin fixé en dedans par deux pattes vissées.

### FABRICATION DU PAIN.

5625. La confection du pain exige deux opérations principales; la préparation de la pâte ou pétrissage, et la cuisson de cette pâte préparée et mise sous différentes formes.

La farine pétrie avec de l'eau ne peut fournir directement qu'une masse compacte, qui donnerait un pain lourd et indigeste; en y ajoutant *du levain* ou de *la levure*, on y

détermine une modification par suite de laquelle la pâte se gonfle et s'allège au contraire avec plus ou moins de facilité. La fermentation qui s'établit par suite de cette addition, donne naissance à de l'acide carbonique et à de l'alcool. L'acide carbonique en se dégageant augmente le volume de la pâte, y produit des vides nombreux comparables à des bulles d'écume. La cuisson du pain augmente beaucoup le volume de ces bulles de gaz et engendre des vapeurs qui y joignent leur effet; aussi la pâte se gonfle-t-elle encore pendant cette opération.

On appelle levain une portion de pâte prélevée à la fin de chaque opération, et qui sert, comme nous l'avons dit, pour les pétrissages suivants. On peut remplacer, et on remplace en effet le levain dans un grand nombre de cas, et pour toute première opération, par la levure de bière, qui active beaucoup le travail et fournit des pâtes très légères. Cependant, il ne faut pas en employer de trop fortes proportions, car cette substance donne au pain une saveur désagréable; elle a aussi l'inconvénient de s'altérer avec une grande facilité, de sorte que ce n'est que dans les lieux à portée des brasseries qu'on peut s'en servir avec un véritable avantage. A Paris, les boulangers en emploient beaucoup.

A chaque opération, le *pétrisseur* verse dans le pétrin, espèce de trémie en bois de chêne bien assemblée, le levain gardé d'un précédent pétrissage; il ajoute alors la quantité d'eau que l'habitude lui fait juger nécessaire, et il divise le levain avec les mains; puis il introduit dans la masse liquide la quantité de farine destinée à fournir la pâte. Cette farine descend d'une chambre supérieure dans le pétrin, au moyen d'une manche en toile que l'on replie sur elle-même, lorsqu'on veut arrêter le courant de farine.

Le levain étant délayé, le pétrisseur introduit peu à peu la farine en la délayant aussi et la mélangeant, à partir de la droite à la gauche du pétrin. Lorsqu'il a agi successi-

vement sur toute la masse, il recommence le même travail de gauche à droite. Ces opérations sont désignées sous le nom de *frasage* et *contrefrasage*. Ensuite, l'ouvrier soumet la pâte à trois mouvements différents, en pratiquant le pétrissage. Il la malaxe pour mêler le plus exactement possible les parties qui la composent, en y ajoutant la quantité de farine nécessaire. Il la divise en six ou sept pâtons, qu'il travaille successivement de la même manière. Il la saisit ensuite par parties en l'étirant, et travaille seulement la quantité qu'il peut tenir entre les mains. Lorsqu'il a pétri ces différentes parties, il les réunit en une même masse qu'il replie plusieurs fois sur elle-même. Il la soulève enfin à plusieurs reprises, la jette avec force dans le pétrin, et la réunit à l'une des extrémités, ordinairement à gauche du pétrin.

Ces opérations ont pour but d'opérer un mélange intime de la farine, de l'eau et du levain. On cherche à éviter qu'aucune partie de la farine ne reste en poudre sèche ou incomplètement saturée d'eau. Si des portions de farine s'humectent à l'extérieur, s'agglomèrent et forment comme une espèce de géode, dans laquelle on trouve la farine à peine humide, il en résulte les *marrons* que l'on rencontre dans le pain, et qui sont à la fois un inconvénient pour les consommateurs et une cause de perte pour le boulanger en diminuant le rendement de la farine en pain.

Quand on a mêlé les quantités de levain, d'eau et de farine nécessaires pour une opération, le pétrisseur a terminé son travail sur la masse de pâte qu'il doit convertir en pains. Il l'abandonne quelque temps, ensuite il la *tourne*. Pour cela, il étend sur une table des pâtons du poids nécessaire, et il les roule en les saupoudrant avec un peu de farine. Il retourne ensuite chaque pâton et le place dans son *panneton*, où il l'abandonne pour qu'il s'y gonfle. Si la farine est de bonne nature, la pâte bien faite et la température convenable, les *pâtons* gonfleront beaucoup et uniformément. Si,

après que la surface s'est gonflée, elle s'affaisse dans une grande partie de son étendue, la farine est de mauvaise qualité, ou bien elle renferme des substances, comme la fécule de pomme de terre, qui ajoutées à la farine en certaines proportions lui communiquent ce caractère.

Aussitôt que le four est chaud et l'apprêt de la pâte suffisant, on l'enfourne en renversant chaque pâton sur une pelle en bois longue, étroite et garnie d'un long manche. On les porte dans les diverses parties du four; et comme la pâte adhèrerait à la pelle, on la saupoudre légèrement avec un peu de son.

Le four ordinaire de boulanger se compose d'une sole circulaire formée de carreaux de terre cuite placés de champ, et recouverte d'une voûte surbaissée offrant à la partie antérieure une ouverture que l'on peut fermer au moyen d'une plaque en fonte de fer. Au-dessus de cette ouverture se trouve une espèce de hotte en tôle communiquant avec la cheminée.

On chauffe ce four avec du bois long, très sec et refendu, qu'on répartit dans l'intérieur de manière à en chauffer convenablement toutes les parties. Quand la température est assez élevée, on retire la braise dans un étouffoir. Pour mieux se guider dans l'enfournement, on place quelques petits morceaux de bois bien secs et refendus, nommés *allume*, dans une caisse en tôle appelée porte-allume. On transporte celui-ci dans les diverses parties du four au moyen de la pelle. La flamme produite par ces buchilles éclaire l'intérieur du four.

Dans les fours ordinaires dont nous venons de parler, la température ne peut jamais être uniforme. Il est facile de voir que les diverses parties du four ne peuvent pas, en les supposant même uniformément chauffées, conserver cette uniformité de température. Car, tandis que la *bouche* est ouverte pour l'enfournement, la partie antérieure se refroidit, et c'est précisément dans cette partie que le pain reste le moins longtemps.

5626. L'art de la boulangerie, naguère si arriéré, tend à s'élever au rang des industries manufacturières les mieux raisonnées.

La vue générale d'une boulangerie modèle et les figures de tous ses appareils et ustensiles, pl. 86 et suivantes, vont le faire comprendre. C'est celle de MM. Mouchot frères.

Les magasins *a*, situés au dessus de la manutention, sont construits en maçonnerie solide, revêtus d'enduits lisses et bien adhérents, facilement clos. D'ailleurs, on peut y renouveler l'air à l'aide de fenêtres. La farine y est montée au moyen des treuils qui, placés au dessus de la porte de l'atelier où se fait le pétrissage, servent aussi à l'y descendre journellement.

L'atelier de manutention *b*, construit solidement et bien enduit comme les magasins et comme toutes les parties de la boulangerie, est éclairé et facile à tenir propre; il contient le pétrissage mécanique *c*, et la table *d* à poser et tourner la pâte. Il donne vue par une porte vitrée *e*, sur la pièce séparée où se développe en *f* la puissance mécanique utile au pétrissage.

Chacune des trois cases du pétrin, pl. 88, est garnie à volonté de deux barres transversales fixes, mais qu'on enlève facilement, dès que le cylindre est ouvert. Ces deux barres en bois constituent les seuls agents de l'étirage de la pâte.

Dans un travail continu, on prépare constamment un levain dans la case A, à cet effet, on y place :

| | | |
|---|---|---|
| Levain ordinaire, | 125 kilogr. | = 225 kilogr. |
| Farine, | 67 » | |
| Eau, | 33 « | |

L'homme préposé à la surveillance du pétrin mécanique ferme le couvercle du pétrin, et le met en mouvement; au bout de sept minutes environ, la sonnette du compteur

mécanique annonce que le nombre de tours opérés a mis la pâte au point d'être vérifiée, quant à sa consistance. On ouvre à cet effet le pétrin, et après s'être assuré du bon état de la pâte, ou avoir ajouté, soit de l'eau pour l'amollir, soit de la farine pour la durcir on referme le couvercle et on remet, comme la première fois, le cylindre en mouvement.

Dix minutes après, le compteur fait entendre une deuxième fois la sonnette, et le pétrissage est terminé. Les 450 kilogrammes de levain obtenus de deux pétrins, suffisent pour préparer la pâte qui alimente alternativement chacun des deux fours. Pour cela, on retire 75 kilogrammes de levain de chacune des cases A et A', et on le place dans la case intermédiaire B.

La totalité du levain est donc de 75 + 75 kilogrammes, ou. . . . . 150 kilogr.

On y ajoute 100 kil. de farine et 50 kil. d'eau. . . . . 150

Et la case B contient alors un mélange de. . 300 kilogr.

On rétablit dans chacune des cases A et A' la quantité primitive, en ajoutant, pour compenser les 75 kilogr. enlevés, 50 kilogr. de farine, plus 25 kil. d'eau.

Alors on met en mouvement le cylindre ; et d'après la disposition de l'appareil, on conçoit que le pétrissage s'opère à la fois dans les levains A et A' et sur la pâte B, celle-ci est également vérifiée au bout de sept minutes, et finit en dix-sept minutes, au deuxième coup de la sonnette du compteur.

On ouvre le pétrin, on rassemble vers le fond la pâte attachée aux parois avec une raclette qui sert également à débarrasser les deux barres de la pâte adhérente.

Toute la pâte de la case B étant ensuite enlevée, on prend encore dans les levains 150 kilogr., auxquels on ajoute 150 kilogr. de farine et d'eau, pour préparer les 300 kilog.

de pâte destinés au chargement du four n° 2. On remplace d'ailleurs comme la première fois les 75 kilogr. pris dans chaque levain, et ainsi de suite.

L'eau employée dans toute cette opération est portée à la température convenable, c'est à dire 25 à 30° centigr. dans les temps les plus froids et 20° environ durant les chaleurs, en mélangeant à l'eau froide ordinaire la quantité nécessaire d'eau maintenue à la température de 70 à 75° dans le bassin F, placé au dessus des fours.

Dans l'eau versée à chaque opération sur la farine de la case B, on délaie préalablement 200 à 250 grammes de levure fraîche telle que l'obtiennent les brasseurs après l'avoir pressée. Cette quantité suffit pour faire lever convenablement les 300 kilogr. de pâte.

Dès que cette pâte est extraite du pétrin, comme nous l'avons dit, et pendant que celui-ci continue son travail, on pèse la quantité destinée à chaque pain, on la tourne sur la table D pour lui donner la forme ronde ou allongée, on imprime avec l'avant-bras ou le rouleau la cavité qui caractérise les pains fendus.

Tous les lots de la pâte du volume des pains de 1 kilogr. dits pains fendus sont placés sur une toile dont on relève un pli entre deux pains, la toile ayant été d'abord étendue sur une planche, celle-ci ainsi chargée de dix à quinze pains est portée sur des corbeaux ou barres en bois GG, scellés en avant du four.

Tous ces pains en pâte lèvent facilement à l'aide de la température douce de cette chambre ou fournil. Quand la pâte est assez levée, on procède à l'enfournement.

Cette opération se fait en plaçant chaque pain successivement sur une pelle en bois légèrement saupoudrée de *fleurage*, farine mêlée de peu de son fin.

On dispose les pains sur la sole, le plus près possible les uns des autres, sans qu'ils se touchent. Cette opération est rendue facile par le nouveau mode d'éclairage au gaz.

Le gaz arrive par des conduits souterrains jusqu'au tube I, placé près de chacune des portes du four. Ce tube est flexible à l'aide de plusieurs articulations qui permettent d'introduire dans l'intérieur du four le bec qui le termine, et par la plus légère impulsion de le promener vers toutes les parties de la sole à éclairer successivement. La visite du four, l'enfournement et le défournement ont donc lieu avec la plus grande facilité.

Dès que le four est chargé, on ramène au dehors les deux becs de gaz, on ferme les deux portes; on pousse les deux registres K, K, afin d'éviter de trop saisir la pâte. Mais aussitôt que la température est abaissée de 10°, c'est à dire de 300 à 290, on ouvre les registres pour ramener la température à son degré primitif, en permettant la circulation de l'air chaud, qui vient des cavités inférieures situées autour du foyer, jusque dans l'intérieur du four.

Lorsque la cuisson est à son terme, on porte de nouveau la lumière dans le four, et l'on procède au défournement.

Si la température a été soutenue autour de 300°, ce dont on s'assure sans peine à l'inspection de la tige extérieure d'un thermomètre fixe dont le réservoir est placé à l'intérieur, les 300 kilogrammes de pâte divisés en pains de 1 kil. seront cuits en vingt-sept minutes. L'enfournement ayant duré dix minutes et le défournement dix minutes, chaque cuisson exige donc quarante-sept minutes.

Or, si l'on tient compte de quelques retards accidentels ou résultant d'un plus fort volume des pains, on devra admettre une durée totale d'une heure au plus, pour chaque fournée qui aura produit 260 pains de 1 kilogr. ou 6,240 kilogr. par vingt-quatre heures.

Quoique les parties extérieures des pains soient exposées au rayonnement des parois, chauffées environ à 280 ou 300°, et subissent ainsi cette sorte de caramélisation qui produit la couleur, le goût et les autres caractères spéciaux de la croûte, il s'en faut de beaucoup qu'à l'intérieur des pains la

substance qui constitue la mie, atteigne une aussi haute température. Il est aisé de s'assurer que le thermomètre dans ces parties, au moment du terme de la cuisson, ne s'élève pas au delà de 100°.

5627. La théorie de la panification est facile à comprendre maintenant.

Si la farine des différentes espèces ou variétés de blés occupe le premier rang parmi les substances susceptibles d'être mises sous la forme de pain, et de constituer ainsi la base d'une alimentation saine et commode, elle doit cet avantage à l'un de ses principes immédiats, le *gluten*, qui ne se rencontre à la fois avec les mêmes propriétés et en aussi fortes proportions dans aucune autre céréale.

Ce gluten ne constitue pas, comme on l'avait supposé jusque en ces derniers temps, les membranes du tissu du périsperme du blé, mais il est renfermé dans les cellules de ce tissu sous les couches épidermiques et jusque au centre du *grain*.

A cet égard, le gluten est dans une situation analogue à celle de l'amidon et de la plupart des principes immédiats des végétaux.

Quant aux membranes des cellules dont l'assemblage forme le tissu proprement dit, elles ne diffèrent pas dans leur composition chimique des membranes des autres parties des plantes; mais elles sont tellement minces et légères, relativement à la masse du périsperme du blé, que leur influence sur les qualités de la farine est sensiblement nulle.

Les autres principes immédiats qui jouent un rôle dans la panification, sont surtout l'amidon et le sucre. Voici quels sont les principaux effets des agents de la panification sur ces substances :

Le délayage de la farine avec l'eau hydrate l'amidon et le gluten, dissout le sucre, l'albumine et quelques autres matières solubles.

Le pétrissage de la pâte, en complétant ces réactions par un mélange plus intime, détermine ainsi la fermentation du sucre en établissant un contact exact des globules de la levure avec la solution sucrée; l'interposition de l'air par suite de l'étirage contribue à favoriser la fermentation, comme à diviser et alléger la pâte.

La pâte, distribuée et tournée en pains, est maintenue à une température douce par la chaleur du fournil, dans les replis de la toile ou dans les pannetons doublés, et l'on conçoit que ces circonstances favorisent le développement de la fermentation.

C'est surtout alors que le volume de toutes les petites masses de pâte augmente graduellement, car dans tous les points où le produit gazeux de la décomposition du sucre, l'acide carbonique se trouve enveloppé d'une pâte visqueuse dont le gluten lie les divers éléments, il reste emprisonné, s'accumule dans les cavités où il pénètre et qu'il agrandit.

Si on laissait continuer trop longtemps ces phénomènes, l'excès de gaz interposé diminuerait trop la consistance de la pâte; il faut donc saisir le moment où le gonflement est au terme convenable pour arrêter la *dissolution* de la pâte en la mettant au four. Aussitôt après l'enfournement, une brusque élévation de la température dilate les gaz interposés et vaporise une partie de l'eau. Elle arrête la fermentation, fait gonfler toute la substance amylacée. Elle opère ainsi une adhérence plus intime entre toutes les parties hydratées, telles que l'amidon, le gluten, l'albumine, etc., et retient latente, solidifiée, l'eau qui les pénètre.

La fermentation d'une petite dose de sucre est donc un phénomène nécessaire de la panification; mais la dose en est si petite, qu'elle échappe presque au calcul. On peut poser en fait que l'acide carbonique développé par cette fermentation demeure tout entier dans le pain et qu'il y occupe à peu près la moitié du volume du pain lui-même à la température de la cuisson, c'est à dire à 100°. Il résulte

delà qu'il ne faut pas en sucre $\frac{1}{100}$ du poids de la farine pour produire le gaz carbonique nécessaire à la production d'un pain bien levé.

D'où il suit que, lorsqu'on a proposé il y a quelques années de tirer parti de l'alcool développé dans cette fermentation, on était tombé dans une erreur complète.

En effet, j'ai fait cuire souvent dans un alambic quelques kilogrammes de pâte. Si le bain-marie est chauffé avec une dissolution saturée de sel marin, la température s'élève toujours assez pour produire une mie parfaite ; 100 degrés suffisent dans la masse.

Dans cette expérience, je n'ai jamais recueilli autre chose que quelques gouttes d'eau insipide.

La cuisson de la mie se fait donc à 100°, mais il n'en est pas ainsi de celle de la croûte.

Les parties superficielles de tous les pains directement exposés au rayonnement des parois du four, perdent une plus grande proportion d'eau, elles éprouvent même un commencement d'altération qni consiste en cette sorte de caramélisation, qui s'annonce relativement à une foule de substances organiques par une coloration jaune fauve, d'abord légère, puis graduellement plus foncée.

5628. C'est à l'intensité de la nuance que l'on discerne aisément le terme convenable de la cuisson et les irrégularités de la température des fours.

Lorsque les différences dans la couleur des pains sont peu considérables, elles ne portent aucun préjudice au fabricant, parce que les légères variations qu'elles occasionnent dans la saveur de la croûte trouvent des préférences correspondantes dans le goût des consommateurs. S'il arrive que la coloration accidentellement plus rapide des pains ait lieu sur une partie de la sole du four, il faut défourner d'abord les pains cuits dans ces endroits, et attendre un peu plus pour les autres, ou même les y transporter.

Au sortir du four, le pain doit être posé à l'air libre, debout ou de champ, c'est à dire dans la position où la croûte qui constitue sa partie la plus solide, résiste le mieux à son propre poids ou à la pression des pains placés en deuxième ou troisième rangées ; on parvient ainsi à éviter que le pain ne s'affaisse et ne devienne plus compacte.

Si on le transporte immédiatement, il convient qu'il soit ainsi rangé dans des paniers, mais non dans des caisses closes, car la vapeur émanée d'un certain nombre de pains venant à se condenser sur ceux qui seraient plus rapidement refroidis, amollirait la croûte de ces derniers et changerait défavorablement leurs caractères extérieurs.

5629. Lorsque toutes les opérations que nous avons décrites auront été conduites avec soin ; que la pâte bien travaillée aura acquis un degré de consistance convenable et tel que le pain ait pu prendre des formes bien arrondies au four, il sera léger, agréable au goût et facile à digérer. Les proportions d'eau qu'il aura retenues seront sensiblement constantes pour une même sorte de farine. Mais si la pâte a reçu un excès d'eau au pétrissage, les caractères du pain cuit seront fort différents ; en général, ses formes seront plus déprimées, sa croûte plus épaisse et plus brune, son poids plus fort à volume égal. La mie aura vers le centre une consistance presque pâteuse et retiendra plus d'eau ; elle sera désagréable à manger et d'une plus difficile digestion ; enfin, le rendement sur lequel nous allons revenir aura été plus considérable.

Les variations dans les proportions d'eau sont moins grandes dans les parties superficielles du pain qui, exposées à découvert au rayonnement des parois du four, se dessèchent toujours à peu près au maximum, que dans les parties intérieures dont la dessiccation est d'autant plus entravée, que la vapeur pour s'exhaler doit traverser une couche plus épaisse pendant la cuisson.

C'est donc sur la mie du pain que doivent porter les essais et même les conditions des marchés faits par entreprises.

On laisserait le pain se refroidir cinq ou six heures; on le coûperait en deux, et une quantité de mie pesant environ 25 à 50 grammes serait enlevée autour du centre, pesée, puis desséchée dans une étuve à courant d'air chauffée à 100°, jusqu'à cessation de perte de poids.

Cette épreuve serait d'autant plus rigoureuse, que dans les pains lourds, à pâte chargée d'eau, la cuisson plus lente rend la croûte plus épaisse; il serait donc facile de mettre ainsi d'accord l'intérêt du fournisseur et celui des consommateurs, au lieu de les laisser en opposition, comme ils s'y trouvent, dans le système actuel de vente au poids brut.

Bien entendu, qu'à cet essai pour l'eau devraient se joindre les deux essais suivants qui en sont le complément.

Le premier consisterait à brûler 20 ou 25 grammes de pain dans une capsule de porcelaine, jusqu'à complète incinération. On pourrait opérer dans un four à moufle. Le poids de la cendre, soustrait du poids du pain sec, ferait connaître le poids du pain réel.

Le second essai aurait pour objet de déterminer la proportion de gluten : il est très important. On y parviendrait en faisant digérer à 75°, au bain-marie, 100 grammes de pain avec une infusion de 100 grammes d'orge germée, concassée, dans 500 grammes d'eau. Quand l'iode ne colore plus les produits, on recueille le gluten sur une toile, on le lave et on le fait sécher à 100°.

La couleur, le goût du gluten, doivent être pris en considération aussi bien que son poids.

Pour fixer, au reste, les idées par des nombres, nous donnerons les résultats de quelques essais sur les proportions d'eau contenues dans les pains de plusieurs fabrications et faits avec plusieurs sortes de farines.

En réalisant même toutes les conditions de régularité que

permet le nouveau moyen de fabrication du pain, il y aura encore des variations dans les quantités de produits obtenus pour un poids égal de matière première. Mais ces variations seront plus limitées, dépendront bien moins de la manutention que de la qualité des farines, et permettront de mieux apprécier l'influence de celles-ci.

5630. En écartant l'influence de la fabrication, les causes qui modifient le rendement des farines se réduisent à deux : la quantité d'eau contenue dans la farine et la proportion de gluten qu'elle renferme.

Les meilleures farines sont d'un blanc mat, virant plutôt au jaunâtre qu'au gris, douces au toucher; elles ne laissent apercevoir, à l'œil nu aucune parcelle de son. Les farines de gruaux blancs n'en doivent pas laisser voir trace, même lorsqu'on les tasse pour leur faire montrer une surface unie. Elles développent une très légère odeur agréable à sec ou quand on les humecte. Délayées et pétries avec moitié de leur poids d'eau, elles donnent une pâte susceptible de s'allonger et de s'étendre en nappes minces et élastiques, homogènes, dans lesquelles on ne doit rencontrer ni insectes, ni grumeaux, ni corps étrangers.

La farine abandonne son eau hygrométrique par une exposition prolongée à la chaleur, et au contact de l'air. En conséquence, les farines qui soumises à la dessiccation dans une étuve à courant d'air, dont la température soit de 100°, perdront le moins de leur poids, auront le plus de valeur.

Les falsifications les plus habituelles des farines s'effectuent avec la fécule de pommes de terre, la farine de fèverolles, celle de haricots ou de seigle.

La farine de fèverolles est souvent employée à cause de l'œil jaunâtre fort recherché qu'elle donne à la farine, mais le pain en prend une teinte rose vineux qui décèle la fraude.

Celle de haricots communique au pain un goût amer et

désagréable. Celle de seigle lui donne un goût spécifique très prononcé.

Quant à la fécule de pommes de terre, elle peut avoir été ajoutée avant ou après la mouture. Dans le premier cas, il est plus difficile de la découvrir que dans le second.

Tant qu'il n'y a pas environ 10 pour cent de fécule, la fraude offre trop peu de bénéfice, pour être bien redoutable. Passé ce terme, on peut la reconnaître. A 30 p. 0/0, la panification devient impossible.

L'inspection microscopique très attentive pourra servir à discerner la présence de la fécule. Ses granules offrent des dimensions qui atteignent souvent 140 et 180 millièmes de millimètre ; ils présentent des formes arrondies et constituent des sphéroïdes ou des ellipsoïdes plus ou moins irréguliers, mais sur la plupart desquels un grossissement linéaire de 300 fois montre le hile et ses lignes concentriques. Au contraire, les granules les plus gros de l'amidon du blé ont à peine 45 millièmes de millimètre, ne laissent apercevoir ni leur hile ou petit trou, ni cercles concentriques. Presque tous, excepté les très petits, ont une forme déprimée ou discoïde, souvent avec une proéminence ou mamelon central.

Un autre moyen de découvrir la fécule consiste à broyer quelques grammes de la farine suspecte dans un petit mortier d'agate, à l'étendre d'eau, puis à filtrer. S'il y a de la fécule, quelques uns de ses grains, en raison de leur volume, de leur forme et de leur texture plus lâche, seront déchirés et désagrégés au point de céder à l'eau assez de leur substance pour que celle-ci, après avoir été filtrée, se colore en bleu par l'iode. Dans la farine pure, les granules de l'amidon, plus petits, plus plats, plus résistants, ne seront pas sensiblement entamés, et l'eau, après le broyage et la filtration, ne se colorera pas ou donnera par l'iode une très légère nuance vineuse instable.

Ce procédé que M. Gay-Lussac avait indiqué dans ses

cours, est devenu plus exact et plus sensible à l'aide des modifications suivantes introduites par un boulanger instruit, M. Boland, qui a reconnu qu'il fallait séparer d'abord le gluten de la farine.

On traite 20 grammes de farine, comme pour en extraire le gluten, mais en ayant soin de recueillir tout le liquide amylacé dans une grand verre cônique à pied; on laisse déposer pendant deux heures et demie ou trois heures, puis on décante tout le liquide surnageant le dépôt.

On enlève à l'aide d'une cuiller à café toute la couche supérieure, molle, grisâtre, qui contient de l'amidon, de l'albumine et du gluten sans cohésion.

La petite masse tassée au fond du verre offre cette consistance caractéristique des dépôts d'amidon pur ou de fécule; on la laisse se dessécher en repos, jusqu'à ce qu'elle soit devenue assez solide pour être enlevée d'un bloc en la poussant du doigt vers la paroi du verre. La portion arrondie qui forme le sommet du petit pain cônique, contenant les premières parties déposées, sera la plus riche en fécule, s'il y a mélange de celle-ci dans l'échantillon essayé. On sépare avec le tranchant du couteau environ 1 gramme de cette partie, puis après l'avoir broyée dans un mortier d'agate avec un peu d'eau, on l'étend, on filtre et le liquide filtré clair se colorera en bleu par la solution d'iode, s'il y a de la fécule. Suivant que ce phénomène se reproduit sur une deuxième couche d'un gramme enlevée parallèlement à la première couche, puis sur une troisième, etc., on en conclut que la farine contenait à peu près un, ou deux, ou trois vingtièmes de son poids de fécule.

Si la première couche enlevée au sommet du petit *cône* donnait après la trituration un liquide qui filtré ne fût pas coloré sensiblement en bleu par l'iode, ou qui prît une légère teinte violacée rougeâtre disparaissant bientôt spontanément, on en conclurait que la farine n'est pas mélangée de fécule.

Les moyens que nous venons d'indiquer, et quelques autres, permettent bien de constater la présence de la fécule de pommes de terre dans la farine ; mais, quant aux proportions de ce mélange, l'on n'a encore trouvé aucun procédé tout à fait sûr pour les indiquer avec précision.

5631. Relativement au gluten, le mode d'essai proposé par M. Boland, permet d'examiner facilement et sûrement sa proportion et ses qualités principales ; ce qui lui donne un grand intérêt.

On pèse exactement 50 grammes de chacune des farines que l'on place dans une capsule. On verse dans le milieu du tas de farine environ 20 centimètres cubes ou 20 grammes d'eau, on délaie avec une cuiller ou une spatule, de façon à faire absorber par la pâte toute la farine, et à obtenir ainsi une masse plastique bien consistante. On la pétrit entre les doigts pendant deux minutes, puis on laisse l'hydratation s'achever en repos pendant quinze minutes en été, et une heure en hiver.

Alors, ayant immergé dans cinq ou six litres d'eau froide un tamis métallique fin, on plonge un instant la pâte, avec précaution et à diverses reprises, dans l'eau du tamis, en la malaxant sans cesse, lentement d'abord, puis graduellement plus vite. On parvient ainsi, avec un peu d'habitude, à dégager dans l'eau la plus grande partie de l'amidon et des matières solubles, tandis que les particules adhérentes du gluten restent agglomérées dans la masse souple élastique tenue dans la main. On examine, en levant le tamis, s'il ne s'est pas échappé quelques lambeaux de gluten qu'on puisse réunir à la masse, et l'on achève le lavage de celle-ci, en la malaxant fortement durant dix minutes, sous un courant d'eau froide.

Le gluten obtenu est fortement pressé, puis essuyé légèrement, on le pèse alors, on le porte au four, où il se dessèche promptement, et avant qu'il ne se colore, on le retire pour en prendre aussitôt le poids. On trouve donc

ainsi la proportion du gluten humide et du gluten sec, qui se contrôlent mutuellement; on conçoit que l'addition de 10 à 15 de fécule pour 100 de farine pourrait être indiquée par cet essai, car elle diminuerait dans le même rapport les quantités du gluten.

M. Robine, s'appuyant sur la solubilité du gluten dans l'acide acétique, a proposé un instrument qui n'est autre chose qu'un aéromètre, pour déterminer le nombre de pains qu'une farine doit fournir. Un sac de farine pesant 159 kil. doit donner de 101 à 104 pains de 2 kil. L'aréomètre dont il s'agit marque le nombre de pains au dessus ou au dessous de ce terme. On opère à 15° centigr. avec de l'eau, chargée d'acide acétique distillé jusqu'à marquer 93° à l'aréomètre spécial. Si la farine est belle, on en prend 24 gr. et 6/32 de litre du liquide acide, on délaye et on laisse déposer dans un vase conique. Si elle est pauvre, on opère sur 32 gram. de farine et 8/32 de litre de l'eau vinaigrée.

Au bout d'une heure, la fécule s'est réunie au fond du vase; le son produit une couche par dessus. Le liquide laiteux qui surnage contient le gluten. Il est lui-même recouvert de quelques écumes qu'on enlève à la cuiller.

En plongeant l'aréomètre de M. Robine dans le liquide décanté et maintenu à 15°, l'instrument indiquera le nombre de pains que le sac de farine devra fournir.

Ce procédé offre quelques chances d'erreur provenant de la présence de sels ou matières solubles, telles que la dextrine, qu'on aurait ajoutées dans la farine, ou de l'altération du gluten.

Ces moyens seraient en tout cas, insuffisants pour déterminer la valeur ou la pureté d'une farine, essayée sans objet de comparaison, car dans les différentes espèces ou variétés de blés *blancs* ou *tendres*, *demi-durs* et *durs* ou *cornés*, le gluten varie dans le rapport de 0,8 à 0,20 et au delà.

Mais la nature du gluten peut, dans tous les cas, fournir d'utiles indications sur la qualité de la farine; plus il est souple, élastique, tenace, extensible, homogène, exempt de mauvaise odeur et de coloration brune; plus il se soulève par sa dessiccation rapide au four, et plus il est probable que la farine dont il provient est de bonne qualité.

C'est qu'effectivement plusieurs altérations des blés et des farines, notamment celles qui ont lieu par suite de la germination dans les gerbes, de la fermentation du grain humide ou de celle de la farine elle-même, changent les caractères du gluten. Sans que sa composition chimique soit altérée ou à peine, il est devenu moins élastique, en partie soluble; il se soulève alors bien moins par le dégagement de la vapeur, sa couleur est ou paraît plus brune, son odeur est souvent désagréable.

Dans les farines avariées, le gluten a pu disparaître et se trouve remplacé par des sels ammoniacaux. Alors, la chaux en dégage de l'ammoniaque à froid. Dans un état d'altération moins avancé, le gluten est seulement dépourvu d'élasticité; sa mollesse est plus ou moins grande.

Il importe donc beaucoup d'exécuter l'essai du gluten indiqué par M. Boland. Il consiste à placer le gluten au fond d'un tube de cuivre qu'on porte au four. La longueur du cylindre de gluten boursouflé qui se développe, en détermine la qualité. A défaut d'un four, on peut faire cet essai au moyen d'un bain d'huile à 140°.

Cet essai est de la plus grande utilité, car il démontre, à la fois, la proportion du gluten et sa valeur réelle comme aliment et comme agent de la panification.

5632. Le moyen le plus direct pour apprécier la qualité des farines, consisterait à les soumettre à la panification régulière et en quelque sorte mécanique à laquelle on est parvenu aujourd'hui, et qui est assez constante pour faciliter la comparaison entre les résultats obtenus de différentes matières premières. On jugerait ainsi leur rendement et la

qualité du pain produit; mais on conçoit aussi qu'il faudrait faire plusieurs fournées tant pour diminuer l'influence des levains quepour obtenir une moyenne suffisamment exacte.

Peut-être parviendrait-on à des résultats aussi sûrs, plus prompts et avec de plus petites quantités, en prenant bien égales les doses d'eau et de farine, les pétrissant au même point et à la même température dans un petit pétrisseur mécanique, déterminant le soulèvement de la pâte par d'égales quantités de bi-carbonate de soude dissous dans l'eau et décomposé au moment de mettre au four par une addition déterminée d'alun rapidement mélangé dans la pâte; enfin, soumettant celle-ci à la cuisson dans un petit four, à la température constante d'un bain d'huile.

Voici, comme exemples, les résultats des essais de quelques farines,

| NOMS des blés. | POIDS de la farine employée | ÉQUIVALENT sec. | GLUTEN humide. | GLUTEN sec. |
|---|---|---|---|---|
| Tangarock. . . | 100 | 87,36 | 45, » | 22,67 |
| Odessa . . . . | 100 | 86,90 | 33,33 | 15, » |
| Saissette . . . | 100 | 84,92 | 30, » | 12,66 |
| Rochelle . . . | 100 | 87,15 | 27,33 | 11,17 |
| Brie . . . . . | 100 | 86,55 | 26, » | 10,66 |
| Tuzelle . . . . | 100 | 87,01 | 22, 6 | 8,3 |

Toutes ces farines converties en pains dans les mêmes circonstances, ont présenté des rendements assez rapprochés; on en jugera par les produits des deux farines très différentes entre elles (la première et l'avant-dernière de ce tableau) sous le rapport des proportions de gluten. La farine de blé Tangarock a donné 1,430 de pain pesé deux heures après la cuisson, tandis que la farine de Brie a donné 1,415; mais le premier pain, dans lequel le gluten avait augmenté

bien peu le rendement, contenait à peu près dans le même rapport une plus grande quantité d'eau, ainsi qu'on le verra dans le tableau suivant, où nous avons compris plusieurs résultats obtenus sur d'autres pains.

| DÉSIGNATION DES PAINS. | POIDS des pains essayés. | TEMPS ÉCOULÉ depuis la sortie du four. | ÉQUIVALENT en substance sèche. | PROPORTION D'EAU. |
|---|---|---|---|---|
| | k. | h. | | |
| Pain de munition | 1,5 | 2 | 48,50 | 51,50 |
| — — | 1,5 | 6 | 48,93 | 51,07 |
| — — | 1,5 | 10 | 48,89 | 51,11 |
| — — | 1,5 | 18 | 49,14 | 50,86 |
| MOYENNE | 1,5 | 9 | 48,86 | 51,14 |
| Pain de ménage, avec farine de blé Tangarock | 3 | 12 | 52,02 | 47,08 |
| — — farine de blé de Brie | 3 | 12 | 52,56 | 47,44 |
| MOYENNE | 3 | 12 | 52,27 | 47,71 |
| Pain blanc ordinaire de Paris | 2 | 12 | 54,50 | 45,42 |
| — — — — | 2 | 6 | 55,10 | 44,90 |
| — — — — | » | » | » | » |
| — — cuit four aérotherme | 1 | 2 | 54,04 | 45,69 |
| — — — — | 1 | 4 ½ | 55,65 | 45,33 |
| — — — — | 1 | 10 | 55,97 | 43,03 |
| — — — — | 1 | 24 | 56,55 | 43.45 |
| MOYENNE | 1 | 9,6 | 55 | 45 |
| Pâte de pain de munition | » | » | 49,10 | 50,90 |
| Pâte du pain aérotherme | » | » | 54,64 | 45,40 |
| Farine du pain de munition | » | » | 84,10 | 15,90 |
| Farine du pain four aréotherme | » | » | 83,45 | 16,55 |

Ce tableau montre que la quantité d'eau ajoutée dans la farine pour le pétrissage de la pâte à pain de munition, a dû être en moyenne de 105 pour 100 (sauf une faible quantité évaporée avant l'enfournement); qu'en conséquence 100 de farine sèche représenteraient 205 de pâte. Cette grande quantité d'eau rend le travail de la

pâte beaucoup plus facile, mais elle ralentit la cuisson et augmente l'épaisseur de la croûte, et laisse la mie plus hydratée, en quelque sorte pâteuse, puisqu'elle contient en moyenne 0,5114 d'eau.

Dans les pains blancs ordinaires de Paris et ceux des collèges cuits au four aérotherme, la proportion d'eau ajoutée pour confectionner la pâte avait dû être de 52,27 pour 100, et la farine parfaitement desséchée représentait pour 100 parties employées 181 de pâte obtenue.

En comparant entre eux les nombres qui précèdent, on reconnaîtra que pour un poids égal de la mie du pain de munition, la substance réelle se trouve moindre que dans le pain fourni aux collèges de Paris, et que la différence s'élève à 14 pour 100.

5633. Le rendement de la farine blanche ordinaire varie assez habituellement à Paris entre les limites de 102 à 106 pains de 2 kilogrammes, par sac pesant 159 kilogrammes; il est porté en général à 104 pains; on peut déduire de ces données le tableau suivant :

| POIDS du sac de farine. | NOMBRE de pains. | POIDS du pain. | AUGMENTATION, le poids de la farine ordinaire étant—1 | RAPPORT du poids de la farine sèche au poids du pain. |
|---|---|---|---|---|
| 159 k. | 102 | 202 k. | 1,283 | :: 1 : 1,60 |
| 159 | 104 | 208 | 1,30 | |
| 159 | 106 | 212 | 1,333 | |

Ainsi, l'on voit que le rendement moyen de la farine correspondrait à 130 kilogrammes de pain pour 100 de farine employée; or, en admettant que celle-ci contînt 0,17 d'eau, le produit équivaudrait à 150 de pain obtenu pour 100 de farine réelle ou privée d'eau.

Il en résulterait encore que ce pain tout entier contenant 0,53 de substance sèche, et la mie 0,44, le rapport du poids

de la croûte à la mie serait de 25 à 75 dans les pains longs essayés.

5634. Nous ne pouvons passer sous silence, en traitant de la panification, une fraude odieuse commise à ce qu'il paraît en Belgique par un grand nombre de boulangers, et qui consiste dans l'introduction dans le pain de diverses matières plus ou moins délétères, telles que le sulfate de cuivre, l'alun, le sulfate de zinc, le sous-carbonate de magnésie, etc., etc.

M. F. Kulhmann a étudié avec un soin tout particulier cette question qui intéresse à un si haut point la santé publique. Dans un mémoire publié il y a quelques années, il a déterminé par des expériences exactes l'action que les divers sels dont il est question, exercent sur la fabrication du pain.

On ignore l'origine de l'emploi du sulfate de cuivre dans la boulangerie, mais il paraît qu'il est pratiqué depuis un grand nombre d'années en Belgique, et même dans le nord de la France. Les avantages qu'en retirent les falsificateurs sont en grand nombre. Ils y trouvent la facilité d'employer des farines de qualité médiocre et mélangées. Ils ont moins de main-d'œuvre. La panification est plus prompte, la mie et la croûte sont plus belles. Enfin, ils y trouvent l'avantage de pouvoir employer une plus grande quantité d'eau.

D'après les renseignements obtenus par M. Kulhmann près de quelques boulangers, la quantité de sulfate de cuivre employée est très faible. L'un mettait dans l'eau destinée à la préparation d'une cuisson de deux cents pains de un kilogramme, un verre à liqueur plein d'une dissolution contenant une once de sulfate de cuivre pour un litre d'eau. Un autre n'employait qu'une tête de pipe pleine de cette dissolution.

Si des quantités de sulfate de cuivre aussi minimes que celles qu'on vient d'indiquer étaient réparties uniformément dans la masse du pain, aucun inconvénient prochain

n'en résulterait, peut-être, pour une personne en bonne santé; mais à la longue, les effets nuisibles se manifesteraient. Sur des constitutions affaiblies, les effets délétères seraient plus prompts. Enfin, chacun comprend le danger de l'emploi frauduleux d'un agent aussi vénéneux mis aux mains d'un garçon boulanger dont l'inexpérience ou la maladresse peuvent occasionner les accidents les plus graves; on ne saurait donc sévir avec trop de rigueur contre l'introduction dans le pain des plus minimes quantités de ce poison.

S'il est urgent de punir sévèrement des délits si graves, il n'est pas moins essentiel d'étudier avec soin les moyens que la science peut nous fournir pour en constater l'existence.

5635. Le cuivre étant un des corps dont la présence se reconnaît par les moyens analytiques les plus précis, l'examen d'un pain suspect de contenir du sulfate de cuivre, semble d'abord ne présenter aucune difficulté. Le contact immédiat d'une dissolution d'ammoniaque, d'hydrogène sulfuré, de prussiate de potasse, devrait pouvoir détruire toute incertitude. Mais si l'on considère dans quelle faible proportion ce sel vénéneux est employé habituellement, il sera facile de concevoir que ces sortes de recherches réclament des procédés analytiques plus longs. Toutefois, l'action du prussiate de potasse se manifeste déjà, lors même que le pain ne contient qu'une partie de sulfate sur environ neuf mille de pain, par une couleur rose produite presque immédiatement, quand on opère sur du pain blanc. car cette nuance ne serait pas reconnaissable sur du pain bis.

Ce procédé, utile seulement dans quelques circonstances, ne pouvant servir à déterminer de très minimes quantités de sel cuivreux que le pain peut contenir, M. Kulhmann a eu recours à la méthode suivante qu'il a employée dans les recherches les plus délicates, et qu'il a mise plusieurs fois à l'épreuve en introduisant lui-même, dans du pain, des

quantités infiniment petites de sulfate de cuivre ; une partie sur soixante-dix mille par exemple, ce qui représente une partie de cuivre métallique sur près de trois cent mille parties de pain.

On fait incinérer complètement dans une capsule de platine deux cents grammes de pain. Le produit de l'incinération, après avoir été réduit en poudre très fine, est mêlé dans une capsule de porcelaine avec huit ou dix grammes d'acide nitrique. Ce mélange est soumis à l'action de la chaleur, jusqu'à ce que la presque totalité de l'acide libre soit évaporée et qu'il ne reste qu'une pâte poisseuse qu'on délaye dans environ vingt grammes d'eau distillée en facilitant la dissolution par la chaleur. On filtre et on sépare ainsi les parties inattaquées par l'acide, et dans la liqueur filtrée on verse un petit excès d'ammoniaque liquide et quelques gouttes de dissolution de sous-carbonate d'ammoniaque. Après refroidissement, on sépare par le filtre le précipité blanc et abondant qui s'est formé, et la liqueur alcaline est soumise à l'ébullition pendant quelques instants pour dissiper l'excès d'ammoniaque et la réduire au quart de son volume. Cette liqueur étant rendue légèrement acide par une goutte d'acide nitrique, on la partage en deux parties : sur l'une on fait agir le prussiate jaune de potasse ; sur l'autre l'acide hydrosulfurique ou l'hydrosulfate d'ammoniaque.

En suivant ponctuellement ce procédé, le pain ne contînt-il que 1/70000 de sulfate de cuivre, la présence de ce sel vénéneux sera rendue apparente au moyen du premier réactif par la coloration immédiate du liquide en rose, et la formation, après quelques heures de repos, d'un léger précipité cramoisi. L'action de l'acide hydrosulfurique ou de l'hydrosulfate d'ammoniaque communiquerait au liquide une couleur légèrement fauve, avec formation, par le repos, d'un précipité brun, moins volumineux toutefois que le précipité obtenu par le prussiate de potasse.

5636. L'usage de l'alun dans la fabrication du pain paraît fort anciennement connu en Angleterre. M. Accum dit que la qualité inférieure de la fleur de farine dont les boulangers de Londres font habituellement usage, rend nécessaire l'addition d'alun, afin de donner au pain le coup d'œil blanc du pain fait avec la belle fleur. Cet emploi, dit-il, semble permettre de mêler à la fleur, de la farine de fèves et de pois sans nuire à la qualité du pain.

La quantité d'alun devrait varier, dit-on, selon la quantité des farines employées, et remplacer en tout ou en partie le sel marin qui entre ordinairement dans la confection du pain. D'après Ure et P. Markann, elle va de 1/127 à 1/964 de la farine employée ou de 1/145 à 1/1077 du pain obtenu.

L'action de l'alun sur l'économie animale n'est pas à comparer, pour son énergie, à celle du sulfate de cuivre, aussi la présence d'une petite quantité d'alun dans le pain ne pourra-t-elle pas facilement occasionner des accidents immédiats; cependant il est à craindre que ce sel n'exerce une action funeste par son introduction journalière dans l'estomac, surtout chez les personnes d'une constitution faible.

Voici le procédé employé par M. Kuhlmann pour reconnaître la présence de l'alun dans le pain :

Il fait incinérer 200 grammes de pain et il traite les cendres, après les avoir porphyrisées, par l'acide nitrique. Il fait évaporer le mélange jusqu'à siccité, il délaie le produit de l'évaporation dans 20 gram., environ, d'eau distillée, de la même manière que s'il s'agissait de reconnaître du cuivre, puis il ajoute à la liqueur, qu'il n'est pas nécessaire de filtrer, de la potasse caustique en excès. Il filtre après avoir chauffé un peu, et il précipite l'alumine de la dissolution filtrée au moyen de l'hydrochlorate d'ammoniaque. La séparation totale de l'alumine n'a lieu qu'à la faveur de l'ébullition à laquelle il est convenable de soumettre le liquide pendant quelques minutes. Il recueille ensuite l'alumine sur

un filtre et il détermine, d'après le poids de l'alumine obtenue, la quantité d'alun contenue dans le pain.

5637. M. Ed. Davy a fait des expériences desquelles il résulte que 1 ou 2 grammes de sous-carbonate de magnésie, intimement mêlés avec 450 grammes de fleur de farine de mauvaise qualité, améliorent matériellement la qualité du pain fabriqué avec ce mélange. Ce procédé parait avoir été mis quelquefois en usage. Cette altération peut, jusqu'à un certain point, être préjudiciable à la santé, car le sous-carbonate de magnésie doit, pendant la fabrication du pain, être converti en grande partie en lactate par l'acide lactique développé par la fermentation, et le lactate de magnésie jouit de propriétés purgatives bien prononcées. Il n'est pas présumable, toutefois, que le pain préparé d'après les proportions indiquées par M. Davy, puisse incommoder d'une manière grave. Mais ce genre d'adultération du pain doit être proscrit comme tout autre. Il est susceptible d'occasionner, de la part des boulangers, des erreurs capables de compromettre la santé publique, et cela d'autant plus facilement que ce sel a une parfaite ressemblance avec la fleur de farine.

Plusieurs auteurs ont avancé que le sous-carbonate d'ammoniaque pouvait être d'un puissant secours pour faire lever le pain et en augmenter la blancheur; la propriété qu'a ce sel de se réduire en vapeur et même de se décomposer en acide carbonique et ammoniaque par l'action de la chaleur, semble justifier cette assertion.

D'autres carbonates alcalins, ceux de potasse et de soude semblent aussi avoir été mis en usage, probablement dans le but de retenir plus longtemps l'humidité dans le pain, ou d'en augmenter la légèreté par le dégagement de l'acide carbonique.

5638. Un grand nombre d'autres substances, telles que la craie, la terre de pipe et le plâtre, ont encore été employées pour l'adultération du pain. L'emploi de tous ces corps ne

parait avoir eu lieu que dans le but d'augmenter le poids du pain et peut-être sa blancheur ; mais comme ils ne peuvent offrir quelque résultat avantageux au boulanger que lorsqu'ils sont introduits en assez grande quantité pour pouvoir influer sur le poids du pain, l'incinération seule suffira pour faire apercevoir ces sortes de fraudes par l'augmentation du poids des cendres.

5639. Si l'on considère la nature des divers produits employés dans le but de tirer un parti plus avantageux des farines de qualités inférieures, il est difficile de se créer une opinion sur le rôle que ces diverses substances jouent dans la fabrication du pain.

Un grand nombre d'entre elles semblent plutôt propres à retarder le mouvement de la fermentation qu'à l'activer. Ce qui parait surtout incompréhensible, c'est l'action que peuvent exercer sur le pain des quantités de sulfate de cuivre aussi minimes que celles qui ont été employées.

Dans le but d'éclairer cette question, M. Kuhlmann s'est livré à de nombreuses expériences pratiques pour constater l'action du sulfate de cuivre, de l'alun, du sous-carbonate d'ammoniaque, du sous-carbonate de magnésie et de quelques autres produits.

La présence du sulfate de cuivre employé dans tous ces essais, s'est manifestée, même dans la plus petite proportion, en raffermissant la pâte et en l'empêchant de s'étendre ou de *pousser plat.*

Le sulfate de cuivre exerce une action extrêmement énergique sur la fermentation et la levée du pain. Cette action se manifeste de la manière la plus apparente, lors même que ce sel n'entre dans la confection du pain que pour 1/70000 environ, ce qui fait à peu près 1 partie de cuivre métallique sur 500,000 parties de pain, ou 1 grain de sulfate par 7 livres et demie de pain. La proportion qui donne la levée la plus grande est celle de 1/50000 à 1/15000 ; mais passé ce terme le pain devient humide, il acquiert

par là une couleur moins blanche, et en même temps il possède une odeur particulière, désagréable, ayant de l'analogie avec celle du levain.

Le sulfate de cuivre ayant la propriété de raffermir la pâte, on peut malheureusement obtenir un pain bien levé avec des farines dites *lachantes* ou humides. L'augmentation en poids du pain, par suite d'une plus grande quantité d'humidité retenue, peut s'élever jusqu'à 1/16e ou une once par livre, sans que l'apparence du pain en souffre.

C'est surtout en été que le besoin de raffermir les pâtes et de les empêcher de pousser plat se fait sentir. On y parvient habituellement par l'emploi du levain et du sel marin. L'action d'une très petite quantité de sulfate de cuivre correspond donc à celle de ces produits.

La quantité de sulfate, la plus grande qui puisse être employée sans altérer la beauté du pain, est celle de 1/4000; passé cette proportion, le pain est très aqueux et présente de grands yeux; et avec 1/1800 de sulfate de cuivre, la pâte ne peut nullement lever, toute fermentation semble arrêtée, et le pain acquiert une couleur verte. Remarquons encore qu'une odeur sûre et désagréable se manifeste dans le pain aussitôt que la quantité de sulfate de cuivre que l'on y a introduite dépasse une partie de ce sel sur 7,000 parties de pain.

Tout porte à croire que, dans le sulfate de cuivre, c'est la base qui influe sur la panification en raffermissant le gluten altéré. Le sulfate de soude, le sulfate de fer et même l'acide sulfurique, ne donnent, dans des essais comparatifs, aucun résultat analogue.

Les effets produits par l'alun dans la fabrication du pain, sont à peu près les mêmes que ceux obtenus avec le sulfate de cuivre, mais il en faut des quantités bien plus considérables. Nous avons vu que 1/7500 de sulfate de cuivre est une quantité beaucoup trop forte, à tel point que, au lieu de favoriser la levée de la pâte, elle la diminue. Cette même proportion d'alun ne produit encore aucun résultat appa-

rent. Pour obtenir un effet sensible, il a fallu élever la quantité d'alun à 1/936; à la dose de 1/176, l'effet a été plus remarquable.

L'action qu'exerce l'alun sur la pâte est absolument la même que celle du sulfate de cuivre; *il retient* et fait *pousser gros*, pour se servir de termes usités par les boulangers.

Le sous-carbonate de magnésie ne produit pas un grand effet sur la levée du pain; mais dans la proportion de 1/442 il communique au pain une couleur jaunâtre qui peut modifier d'une manière avantageuse la couleur sombre que donnent au pain quelques farines de qualités inférieures.

Le sous-carbonate d'ammoniaque n'a pas donné non plus de résultats bien remarquables, et il ne peut pas être d'un grand secours pour faire lever le pain, à moins qu'on ne l'emploie à une dose très forte.

Le sel marin possède la proprité de raffermir la pâte; il fait aussi augmenter le poids du pain, et l'addition de sel au lieu d'être une dépense pour le boulanger, lui procure encore du bénéfice par la différence en poids du pain. Une quantité suffisante de sel peut dispenser de faire usage de levain; et le pétrissage seul, lorsqu'il a lieu pendant un peu plus de temps, permet de diminuer considérablement la dose de ce ferment.

Tout en constatant les résultats remarquables de l'emploi du sulfate de cuivre dans la panification, les recherches de M. Kuhlmann prouvent donc que par l'analyse chimique il est facile de retrouver dans le pain jusqu'aux parties les plus minimes de ce produit vénéneux. Chaque consommateur peut mettre en pratique lui-même un moyen d'essai fort simple qui décèle déjà la présence du sulfate de cuivre dans le pain, bien avant que ce sel soit en quantité suffisante pour occasionner des accidents graves. Une goutte de dissolution de prussiate de potasse, versée sur le pain,

le colore en rose jaune, au bout de quelques instants, lors même que cet aliment ne renferme qu'une partie de sulfate de cuivre sur neuf mille parties de pain.

## FABRICATION DE LA BIÈRE.

5640. Cette boisson, si anciennement connue sous le nom de *cervoise*, *cervisia*, était préparée autrefois par des *cervoisiers* dans des établissements qu'on nommait *cervoiseries*, noms conservés dans quelques familles et à quelques localités, et qui dérivent de Cérès, déesse de l'agriculture, qui a donné son nom aux céréales. Elle est maintenant le produit d'une industrie d'une grande importance; on en jugera par les chiffres suivants qui indiquent en litres la consommation annuelle des deux seules villes de Londres et de Paris.

| | |
|---|---|
| Londres | 250 millions de litres. |
| Paris seulement | 13 millions 600 mille litres. |

La Belgique et l'Allemagne en consomment des quantités énormes; enfin tous les pays de l'Europe fabriquent, ou font usage de cette boisson saine, rafraîchissante et même nourrissante.

Cet usage si répandu de la bière, et les chiffres énormes de la consommation qui peuvent se compter toutes les années par milliards de litres, justifient les détails assez circonstanciés dans lesquels nous allons entrer sur sa fabrication.

Les matières premières principales de la fabrication de la bière sont au nombre de deux : l'une est destinée à fournir le sucre et par suite la partie alcoolique de la liqueur; l'autre lui donne une saveur particulière très forte et sert à sa conservation. Toutes les céréales, telles que le blé, le froment, l'avoine, le riz, le sarazin, etc., mais plus particulièrement l'*orge*, peuvent fournir à la bière le sucre et l'alcool par leur amidon. La substance résineuse odorante s'extrait

dans quelques cas rares des écorces de plusieurs arbres; mais on la retire plus habituellement des cônes de houblon.

5641. La bière est donc une liqueur alcoolique, contenant du sucre, de la dextrine, des matières extractives et grasses, des matières aromatiques, de l'acide lactique, divers sels et de l'acide carbonique libre.

La quantité d'acide carbonique est très variable dans la bière; la table suivante donnera une idée des caractères qu'elle présente selon les proportions de gaz qu'elle renferme.

| | Acide pour 100 au volume. |
|---|---|
| Non mousseuse | 2 |
| Faisant la perle, non mousseuse | 3 |
| Donnant un peu d'écume, non mousseuse | 4 |
| Mousse très faible | 8 |
| Mousse faible | 11 |
| Mousse moyenne | 15 |
| Mousse assez forte | 20 à 22 |
| Mousse forte, beaucoup d'écume | 25 à 26 |

Les variations de l'alcool ne sont pas moins grandes, on va le voir, d'après la proportion d'alcool qui existe dans les bières anglaise :

| | Alcool. |
|---|---|
| Ale d'Angleterre | 8,3 pour 100 |
| Ale Barton | 6,2 |
| Ale d'Écosse | 5,8 |
| Ale commun de Londres | 5 |
| Brown Stout | 5 |
| Porter de Londres | 4 |

Enfin, la proportion d'extrait renfermant les parties fixes et solubles de la bière exerce une telle influence sur ses propriétés nutritives, qu'on doit y attacher une grande importance. C'est en prenant l'extrait et l'alcool

en considération à la fois que Lampadius classe les bières de la manière suivante :

| | Alcool. | Extrait. |
|---|---|---|
| 1° Bière double. Ale. | 6 à 8 | 6 à 8 pour 100 |
| 2° Bière forte..... | 3 à 6 | 4 à 6 |
| 3° Bière moyenne... | 1 1/2 à 3 | 3 à 4 |
| 4° Bière légère..... | 0,8 à 1 1/2 | 1 à 2 |

Voici du reste quelques exemples d'analyses complètes.

M. Fuchs a trouvé, dans l'analyse d'une bière ordinaire, les nombres suivants :

| | |
|---|---|
| Acide carbonique..... | 150 |
| Alcool..... | 3,200 |
| Extrait..... | 5,900 |
| Eau..... | 90,750 |
| | 100,000 |

Voici l'analyse de deux bières doubles fabriquées en Bavière, d'après le professeur Léo de Munich.

| | Bière Bock. Densité 102. | Bière Heiliger Vater. Densité 103. |
|---|---|---|
| Alcool..... | 4,000 | 5,000 |
| Extrait..... | 8,200 | 13,000 |
| Acide carbonique.. | 85 | 77 |
| Eau..... | 87,595 | 81,923 |
| | 100,000 | 100,000 |

Voici enfin la composition de quelques variétés de bières d'après M. Carl.

| | Du haut Weimar. | De Lichtenhain. | D'Ilmenau. | D'Iéna. | De Bamberg. | Double d'Iéna. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alcool.... | 2,567 | 3,168 | 3,096 | 3,018 | 2,834 | 2,080 |
| Albumine. | 20 | 48 | 79 | 45 | 30 | 28 |
| Extrait... | 7,316 | 4,485 | 7,072 | 6,144 | 6,349 | 7,153 |
| Eau..... | 90,097 | 92,299 | 89,753 | 90,793 | 90,787 | 90,739 |
| | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |

Sous le nom d'extrait, on désigne dans ces analyses, un mélange de sucre d'amidon, de dextrine, d'acide lactique, de divers sels, des parties extractives et aromatiques du houblon, de gluten et de matières grasses.

5642. De toutes les céréales, la plus généralement employée est l'orge, soit qu'on prenne l'orge ordinaire ou escourgeon (*hordeum vulgare*), l'orge à deux rangs et l'orge à six rangs. Le grain d'orge est de tous le plus facile à traiter et celui qui présente le plus d'économie.

L'orge employée doit être susceptible de germer, et par suite de développer de la diastase.

Toutes choses égales d'ailleurs, l'orge qui remplira le mieux la condition ci-dessus, doit être la plus dense possible; plongée dans l'eau elle ne doit pas surnager; humide elle doit augmenter de volume au moins de 150 pour 100 du volume primitif. Cette augmentation de volume indique même à peu près la quantité de malt qu'on peut obtenir d'un poids d'orge donné. En Angleterre, l'impôt est prélevé sur le volume que l'orge acquiert après avoir été mouillée et étendue quelque temps dans le germoir.

Outre ces indices assez certains tirés de sa densité et de l'augmentation de volume que l'orge acquiert dans l'eau, on peut s'assurer directement de la qualité de l'orge, en plaçant un échantillon dans une soucoupe contenant un peu d'eau. A l'aide d'une douce température, chaque bon grain ne tardera pas à pousser des radicules et des tigellules.

Du reste, les grains qui ont la faculté de germer sont durs, pleins et blancs à l'intérieur; humides, ils ne doivent pas développer d'odeur désagréable.

5643. Le houblon (*humulus lupulus*) est une plante grimpante à racines vivaces, qui appartient à la famille des urticées. La partie active du houblon, la seule qui soit véritablement utile dans la fabrication de la bière, est une

poussière jaune, granulée, aromatique, qui se trouve à la base des cônes de houblon.

Cette substance odorante renferme, d'après MM. Payen et Chevalier, comme matières vraiment utiles, les cinq produits suivants :

Huile essentielle,
Résine,
Au moins une matière azotée,
Une substance amère,
—— gommeuse.

Nous devons ajouter que le houblon renferme en outre quelques sels ou produits minéraux, savoir :

De l'acétate d'ammoniaque,
Du soufre,
De la silice,
Du chlorure de calcium,
Du sulfate et du malate de potasse,
Du phosphate et du carbonate de chaux,
De l'oxyde de fer.

Cette sécrétion pulvérulente forme le huitième du poids des folioles du houblon; on peut facilement la recueillir en desséchant ces dernières, et en les secouant au dessus d'un fin tamis de crin; la poudre séparée traverse les mailles et laisse sur le tamis les feuilles qui ne peuvent le traverser; on reprend de nouveau les feuilles, jusqu'à ce qu'on ne puisse plus rien en extraire. Ces essais ont donné à MM. Payen et Chevallier, pour divers houblons, les résultats suivants :

| ESPÈCES DE HOUBLON. | MATIÈRES ÉTRANGÈRES. | FEUILLES ÉPUISÉES. | SÉCRÉTION JAUNE. |
|---|---|---|---|
| Houblon de Poperingue (Belgique). | 12 « | 70 « | 18 « |
| — d'Amérique vieux . . . . | 14 30 | 68 80 | 16 90 |
| — de Bourges . . . . . | 0 50 | 83 50 | 16 « |
| — de l'Étang-de-Crécy . . . | 1 80 | 86 20 | 12 « |
| — de Bussignies . . . . . | 7 « | 81 50 | 11 50 |
| — des Vosges . . . . . | 3 « | 86 « | 11 « |
| — d'Angleterre vieux . . | 3 « | 87 « | 10 « |
| — de Lunéville . . . . . | 1 50 | 88 50 | 10 « |
| — de Liège. . . . . | 10 « | 81 « | 9 à |
| — d'Aloste (Belgique). . . | 16 « | 79 « | 8 « |
| — de Spalte (Allemagne) . . | 3 « | 88 « | 8 à |
| — de Toul (Meurthe) . . . | 1 50 | 91 50 | 8 « |

De toutes les substances qui entrent dans la composition de la sécrétion jaune, la seule qui soit véritablement utile, c'est l'*huile essentielle volatile* qui forme les 2 p. 100 du poids total du houblon.

Aussitôt après la récolte du houblon, on porte les cônes recueillis dans de vastes greniers, où on les étend autant que l'espace le permet, et où on les retourne chaque jour avec une pelle en bois et un râteau, jusqu'à ce qu'ils aient atteint le degré convenable de siccité. Ce procédé de dessiccation présente de graves inconvénients :

1° Il est très long, car il est soumis aux variations hygrométriques de l'air; 2° l'air n'a d'accès que par la partie supérieure de la couche; 3° le frottement que le houblon éprouve, lorsqu'on le retourne, lui fait perdre une partie de son principe utile; 4° il exige un vaste emplacement.

En Alsace, où la culture du houblon est en pleine activité, on diminue sans les annuler une partie de ces in-

convénients, en desséchant ce produit sur des rayons à cadres de bois et treillage de corde, que l'on suspend dans des greniers bien aérés. Le houblon est placé sur ces treillages, distants les uns des autres de $0^{m}33$, sur une épaisseur de 7 à 8 centimètres.

Les moyens qui reposent sur la dessiccation à air libre, exposent le houblon à l'action de l'air, et par conséquent le placent dans des conditions favorables à son altération.

On obtiendrait des résultats bien plus satisfaisants, surtout dans les grandes exploitations, en portant le houblon aussitôt après la récolte dans des étuves à courant d'air chaud. M. Payen a conseillé de faire usage de tourailles semblables à celles qui servent aux brasseurs. Mieux vaut encore produire l'air chaud dans un calorifère et le lancer dans un séchoir bien fermé qui contient le houblon. Il est presque certain qu'on pourrait obtenir de très bons effets d'un appareil analogue au séchoir de betteraves de M. Chaussenot, qui produirait une dessiccation rapide et méthodique, et où l'air chaud serait très bien utilisé.

Lorsqu'on emploie des étuves pour la dessiccation du houblon, il faut avoir soin de ne pas élever la température au-dessus de 30° centigrades. A une plus haute température, l'huile essentielle se volatiliserait.

Aussitôt après la dessiccation du houblon, on le laisse séjourner quelques jours dans un grenier, afin qu'il reprenne à l'atmosphère une très petite quantité d'eau, qui le rend souple, l'empêche de se briser lorsqu'on l'emballe et de se réduire en poussière lorsqu'on le fait voyager.

Outre une bonne dessiccation, la durée des qualités du houblon dépend essentiellement de la manière dont il est emballé ou enfermé. Il faut le préserver autant que possible du contact de l'air.

En France, on néglige trop ces procédés de conservation, on se contente de fouler le houblon en le piétinant dans des sacs. L'air pouvant facilement pénétrer dans les inter-

stices que laissent entre elles les folioles, le houblon perd bientôt son huile aromatique, et par suite toute sa valeur. Au bout de trois ans au plus, ces houblons ne sont plus bons à rien.

En Angleterre, où cette industrie est poussée à un haut degré de perfection, on a soin d'emballer le houblon sous la pression énergique de presses hydrauliques; aussi les cônes sont-ils tellement serrés, que même au bout de plusieurs années le houblon conserve une grande partie de ses propriétés. Cependant, malgré tous les soins, plus le houblon vieillit et moins il a de valeur.

Le boublon doit avoir une couleur jaune d'or; ses cônes sont larges et répandent une forte odeur aromatique. Lorsqu'on le frotte entre les doigts, il laisse des traces jaunes odoriférantes sans se briser. Quant à la quantité de matière active, on ne peut guère l'apprécier qu'en la séparant par le tamis des feuilles du houblon elles-mêmes.

5644. Outre l'orge et le houblon, qui dans presque tous les pays forment la base principale de la fabrication de la bière, on emploie quelques autres substances, soit pour remplacer la partie conservatrice et aromatique, soit pour ajouter à la partie sucrée qui doit donner l'alcool.

En Angleterre, on remplace dans quelques bières le houblon par des huiles essentielles tirées des écorces d'arbres résineux; quant à l'orge, on ne peut dans ce pays lui substituer sans fraude d'autres substances, puisque les droits sur la bière, qui sont énormes dans tous les pays, portent spécialement sur cette matière première.

En France, où les droits sont fixés sur la quantité de moût fabriqué, on peut employer telle matière première que l'on veut. Peu importe au fisc que la bière soit fabriquée avec ou sans orge; aussi profite-t-on largement de cette latitude accordée par la loi pour employer plusieurs substances sucrées susceptibles de donner de l'alcool par la fermentation. Le sirop de fécule ou de dextrine, les mé-

lasses de sucre de cannes et de betteraves, matières qui facilitent beaucoup le travail du brasseur, sont préférées, à prix égal, selon qu'elles donnent plus d'alcool par la fermentation et qu'elles ont un meilleur goût. On peut aussi employer, comme nous l'avons dit, toute espèce de céréale, et quelquefois même des plantes contenant des jus sucrés, par exemple les topinambours, etc.

5645. La fabrication de la bière se compose de deux branches importantes, qui, dans les grands centres de production, sont complètement séparées. Ces deux parties sont :

1° Le maltage ou fabrication du malte.

2° Le brassage ou traitement du malte.

5646. *Du maltage ou fabrication du malt.* On comprend facilement qu'à Londres, où une seule usine livre souvent à la consommation des millions de litres de bière par mois, il est indispensable de séparer deux opérations d'une si grande importance, telles que le maltage et le brassage, afin que l'une ne puisse souffrir en rien des interruptions ou de la mauvaise marche de l'autre. Il est très avantageux que le malte puisse se faire dans les pays abondants en céréales et dans de bonnes conditions de température. Le transport, car l'orge perd près d'un quart de son poids dans le maltage, l'économie de main-d'œuvre, le choix des matières premières, tout y gagnera. D'un autre côté, il est nécessaire que le brassage se fasse dans les centres de consommation, soit pour éviter l'altération qu'éprouveraient beaucoup de bières dans un long transport, soit aussi pour éviter les frais de transport de l'eau, qui entre pour la plus grande partie dans la composition de la bière. Ces raisons et autres de moindre importance, ont sans aucun doute conduit les Anglais à établir la division du travail dans la fabrication de la bière.

En France, cette industrie n'est pas assez répandue pour que l'on ait pensé à établir des fabriques spéciales de malte,

les débouchés étant trop faibles pour assurer leur existence, chaque brasserie fabrique la quantité de malte dont elle a besoin. Du reste, dans les deux cas, les procédés employés pour le maltage sont les mêmes, et reposent sur des principes invariables.

On peut diviser les opérations du maltage en quatre parties principales, qui sont :

1° Le mouillage de l'orge,

2° La germination de l'orge qui développe la diastase,

3° Le touraillage, ou séchage de l'orge germée,

4° La séparation des radicelles, ou criblage.

Nous allons successivement développer chacune de ces parties.

5647. Le mouillage de l'orge a pour but de ramollir le grain et de le rendre propre à la germination.

Cette opération s'exécute dans de vastes citernes en bois ou en pierre, que l'on remplit d'eau, et dans lesquelles on jette le grain de manière à ce qu'il reste toujours recouvert d'une couche d'eau de 1 à 2 décimètres de hauteur.

On remue quelque temps la masse avec un râteau, et on laisse reposer; les bons grains tombent au fond, les grains les plus légers surnagent. Il est nécessaire d'écumer ces derniers, car ils sont privés de la faculté germinative par les altérations qu'ils ont éprouvées; ils ne seraient d'aucune utilité dans la fabrication, et donneraient un mauvais goût à la bière. Le mouillage doit se prolonger jusqu'à ce que les grains, pris au hasard, plient facilement entre les doigts et ne présentent plus de noyau résistant. Il faut s'arrêter aussitôt qu'on est arrivé à ce terme, sans cela on compromettrait la germination, surtout si par la pression le grain donnait un jus laiteux.

Le temps moyen du mouillage varie suivant le pays; en Angleterre il est de quarante heures, en France il est souvent beaucoup plus court; il est bien entendu que la température influe beaucoup sur cette durée, le maximum est

en hiver et le minimum en été. Il est utile, dans la dernière saison surtout, de changer deux ou trois fois l'eau de mouillage, soit pour enlever les parties dissoutes, soit pour prévenir une fermentation qui ne tarderait pas d'avoir lieu.

Lorsque le grain a été suffisamment gonflé, on le lave par une dernière aspersion d'eau froide que l'on retire de suite; cette eau entraîne une matière visqueuse qui se développe, surtout quand la température est élevée. On laisse alors égoutter le grain pendant six ou huit heures en été, douze à dix-huit heures en hiver, et on le retire par une large ouverture pratiquée au fond de la cuve; le grain tombe directement sur le sol du germoir, on s'empresse de le mettre en tas de 35 à 40 centimètres d'épaisseur.

5648. La germination a pour but, comme l'a prouvé M. Payen, de développer la diastase nécessaire à la dissolution ou plutôt à la transformation de l'amidon du blé en sucre et en dextrine.

Le germoir est une grande pièce qui doit être parfaitement à l'abri des changements de température, et par cette raison doit être, soit au dessous du niveau du sol dans des caves, soit au moins au niveau de ce même sol.

Le sol du germoir doit être compacte, imperméable au grain; un dallage en pierres ou en briques serait ce qui conviendrait le mieux, une couche de mastic bitumineux serait probablement aussi très bonne.

Quand l'orge, après avoir été mouillée, est restée pendant vingt-quatre heures en tas de $0^m,35$ à $0^m,40$, elle a acquis son maximum de volume; c'est à ce moment que, en Angleterre, on la cube et qu'on en déduit les droits. La germination commence dans ces tas, et la température va en augmentant; quand on est obligé de germer dans les temps froids, il est nécessaire d'aider à ces premiers efforts. A à cet effet, on recouvre le tas de vieux sacs et on le laisse sans l'étendre le plus possible.

Aussitôt que chaque grain de la surface du monceau laisse apparaître une protubérance blanchâtre, on s'empresse de le défaire et de répandre l'orge en couches plus minces sur les dalles du germoir. L'épaisseur de la couche de grain, d'abord à peine moindre que celle du tas, est de $0^m,30$ dans les temps froids, et de $0^m,25$ seulement en été. A la fin de la germination, elle ne doit plus être que de $0^m,10$ et toujours aussi égale que possible. Chaque jour, et en été surtout, le grain est retourné à la pelle à deux et quelquefois trois reprises; les ouvriers qui procèdent à ce travail marchent pieds nus, ou chaussés de larges sandales en bois, afin de préserver les grains de toute meurtrissure.

Toutes ces précautions sont indispensables pour répartir bien uniformément la température et obtenir le même degré de germination dans tous les points de la couche d'orge. Si on ne réduisait pas la hauteur des tas, et si les grains n'étaient fréquemment retournés, on conçoit que les parties supérieures du tas germeraient, bien avant les autres, et tandis que ces dernières acquerraient le degré convenable, les premières ne seraient plus bonnes à rien.

Dans la germination, la radicule sort immédiatement du grain et forme la protubérance blanchâtre qui est le premier indice de la germination; elle ne tarde pas à se bifurquer. La tigellule, au contraire, ne doit pas apparaître du tout, et on doit couper court à l'opération, au moment où la gemmule partant du même point que la radicule, mais se dirigeant en sens contraire, est arrivée près de l'extrémité opposée du grain. La plus forte proportion de diastase est formée au moment où la gemmule est prête à sortir du grain et à se transformer en tigellule.

Dans le cas où la bière n'est fabriquée qu'avec de l'orge, il n'est pas nécessaire d'atteindre ce maximum. On risque moins de dépasser le terme, en arrêtant la germination au moment où la gemmule est à peu près aux deux tiers de

la longueur du grain; la quantité de diastase formée est d'ailleurs plus que suffisante encore pour transformer tout l'amidon de l'orge en sucre. Si l'orge germée était destinée à saccharifier de la fécule de pomme de terre, il faudrait au contraire pousser la germination aussi loin que possible, car on aurait intérêt à produire la saccharification avec le minimum d'orge. C'est ce qui arrive dans la fabrication du sucre et de la dextrine.

Mais, nous le répétons, dans tous les cas il ne faut pas que la tigellule se montre; comme elle se nourrit de la partie utile du grain on pourrait avoir un déchet considérable.

La durée de la germination est très variable, suivant la température extérieure : pour le climat de la France elle ne doit pas être moindre de dix jours, ni prolongée au delà de vingt.

Il serait très difficile, en hiver et en été, de se maintenir entre ces limites; aussi, à moins de circonstances particulières, ne fait-on jamais germer l'orge pendant les températures extrêmes : l'approvisionnement de malt se fait principalement pendant le printemps et l'automne; tous les consommateurs connaissent la bière fabriquée avec le malt du *mois de mars* (bière de mars).

Pendant la germination le grain d'orge subit, comme nous l'avons dit, une transformation partielle. Il produit une petite quantité de diastase; près de 40 pour 100 de l'amidon sont changés en sucre ou en dextrine; le reste de la fécule étant ultérieurement placé dans de bonnes conditions de température, est saccharifié par la diastase.

Pendant la germination de l'orge, il y a de l'oxygène absorbé et il se dégage beaucoup d'acide carbonique, source évidente de la chaleur développée. Il ne faut donc pas pénétrer trop imprudemment dans les germoirs; on pourrait y être asphyxié.

5649. La germination étant arrivée aux limites conve-

nables, il importe de l'arrêter sur le champ en enlevant toute l'humidité et en tuant les jeunes tigellules par une température assez élevée. Pour arriver à ce résultat, le grain germé est monté à un grenier, placé immédiatement au dessus du germoir.

On étend l'orge en couches d'un décimètre sur le plancher du grenier, et on l'abandonne à lui-même pendant quelques heures, jusqu'à ce qu'il ne mouille plus les mains au toucher; on le porte alors sur l'aire de *la touraille*, où un courant d'air chaud lui enlève toute son humidité et tue la jeune plante dans son germe.

Avant de commencer la description des appareils employés à la dessiccation de l'orge, nous indiquerons les principes qui doivent guider dans cette opération.

Les grains contenant encore beaucoup d'eau, il ne faudrait pas élever de suite la température au dessus de 50°, car l'amidon renfermé dans le grain formerait un empois qui se durcirait par la chaleur, et qu'il serait difficile plus tard de dissoudre. Il est donc nécessaire, dans le commencement de l'opération, de modérer la chaleur. On pourra ensuite l'élever peu à peu à 80° et sur la fin jusqu'à 85°; mais on ne devra jamais atteindre la température de 100°, car la diastase, qui est le principe utile, serait détruite, et le grain ne conviendrait plus au brassage. En troisième lieu, enfin, l'opération devra se faire avec méthode, promptitude et économie de combustible, tout en ménageant la qualité et le goût du malt.

Ces principes posés, nous allons passer à la description des tourailles employées, et voir si elles remplissent bien ces conditions.

5650. La touraille se compose ordinairement d'une plate-forme carrée qui a quelquefois 7 mètres de côté, le plus souvent de 4 à 5 mètres, et qui est formée d'une toile métallique assez serrée pour ne pas laisser passer les grains d'orge; ou quelquefois aussi par des feuilles

de tôle percées d'un grand nombre d'orifices. Cette plate-forme, sur laquelle on étend le grain à dessécher sous une épaisseur de 6 à 7 centimètres, est la base d'une pyramide quadrangulaire tronquée renversée, et dont le sommet se trouverait par conséquent au dessous de la toile. La partie tronquée est occupée par un foyer recouvert d'une voûte qui empêche le rayonnement direct du combustible incandescent sur la toile métallique. Des ouvertures pratiquées sur les pieds droits de cette voûte permettent cependant aux produits de la combustion de se répandre dans l'intérieur de la pyramide tronquée, de s'y mêler avec de l'air frais amené du dehors et de former ainsi un mélange dont la température ne soit pas trop haute. Celui-ci traverse ensuite la toile métallique, et enlève par conséquent en traversant la couche d'orge toute l'eau dont cette dernière est humectée. L'air chaud mêlé avec les vapeurs d'eau s'élève vers le plafond de la chambre et s'échappe par une cheminée.

D'après ce que nous avons dit plus haut, on voit tout de suite que cette touraille ne remplit réellement pas les conditions imposées, malgré l'usage général qu'on en fait. Les produits de la combustion, passant directement à travers l'orge, doivent nécessairement lui donner un mauvais goût, qu'on cherche, il est vrai, à diminuer autant que possible, en n'employant que des combustibles produisant peu de fumée, tels que le coke, le charbon de bois, ou bien de la houille de Fresne. Mais par cela même on est obligé d'employer des combustibles assez chers. Ce serait peu de chose encore, si on évitait la fumée et le mauvais goût. D'un autre côté, il est impossible dans un appareil semblable, d'avoir une température uniforme et telle qu'on la désirerait dans tous les points de la couche d'orge. On est obligé, de peur d'accident, de ne pas pousser le feu et de ralentir ainsi la dessiccation; d'où, perte de temps et de combustible. Tous ces inconvénients, qui seraient peu de

chose pour une brasserie de faible importance, deviennent très graves dans une grande fabrique, et surtout dans une malterie où on fabrique l'orge germée pour plusieurs brasseries.

En Angleterre, on a évité une partie des inconvénients de la touraille, en séparant les produits de la combustion et en ne faisant servir à la dessiccation que de l'air chaud et pur. Pour cela, on a fermé toute communication entre le foyer et l'espace vide de la pyramide, on a fait circuler la fumée dans un tuyau partant de la voûte placée au dessus du combustible, formant des zigzags dans l'espace vide au dessous de la toile métallique et débouchant dans une cheminée spéciale. L'air amené du dehors dans cet espace vide s'échauffe au contact des tubes, et traverse ensuite la couche d'orge. Cette modification évite le contact du malt avec la fumée; mais les conditions de vitesse dans la dessiccation, et de modification dans la température, ne sont guère mieux remplies.

5651. Ce n'est pas la haute température des étuves qui seule peut produire la rapidité de la dessiccation. Dans ces sortes d'appareils, s'ils sont mal construits, il arrive souvent que la température d'une étuve est à plus de 100°, et qu'on y obtient beaucoup moins de résultats que dans une étuve bien construite, où la température ne serait qu'à 50° par exemple. C'est que dans l'une rien n'a été ménagé pour l'évacuation rapide de l'air chaud humide; dans l'autre, au contraire, tous les efforts se sont dirigés pour obtenir un renouvellement prompt de l'air de manière à remplacer l'air humide et chaud par de l'air chaud et sec qui seul peut produire de bons effets.

D'après cela, on conçoit que pour la dessiccation de l'orge germée on pourrait opérer deux fois plus vite qu'on ne le fait habituellement, en employant même de l'air moins chaud et diminuant ainsi les chances de pertes. Mais pour cela il faut avoir un tirage rapide, un renouvellement

continuel d'air chaud. C'est ainsi que pour la dessiccation de l'orge, M. Chaussenot a construit des étuves qui donnent des résultats plus satisfaisants que les anciennes tourailles.

L'air chaud est produit à part dans un excellent calorifère, ce qui permet de brûler toute espèce de combustible et d'utiliser toute la chaleur. L'air chaud n'ayant eu aucun contact avec la fumée, se rend sur la couche de grains à la température voulue, et avec une vitesse qui le force à se renouveler promptement; l'air chargé d'humidité est conduit dans la cheminée, où se rendent les produits de la combustion du calorifère. Dans quelques brasseries, M. Chaussenot, pour profiter de toute la chaleur de l'air chaud, a superposé deux étages de toiles métalliques, à $1^m,20$ de distance. L'orge humide est placée sur la toile supérieure, et ne reçoit par conséquent l'action de l'air que lorsque celui-ci a déjà perdu une partie de sa température en traversant la couche inférieure; il n'y a donc jamais à craindre que l'amidon se prenne en empois; l'orge placée sur la toile inférieure étant desséchée, on la retire et on la remplace par celle de l'étage supérieur, que l'on fait descendre par une trappe. Par ce procédé, on peut toujours maintenir l'air à une température de 80 à 85 degrés.

Dans tous les appareils que nous venons de décrire, il est nécessaire, soit pour activer la dessiccation, soit pour la rendre plus uniforme, de retourner plusieurs fois l'orge pendant le cours de l'opération.

Le temps nécessaire à la dessiccation varie suivant les appareils; dans les tourailles ordinaires, on est souvent obligé de le prolonger pendant quarante-huit heures. Dans les appareils montés par M. Chaussenot, l'opération est terminée en douze heures au plus.

5652. Les malteurs d'Angleterre fabriquent trois sortes de malt, suivant la température de la dessiccation. Le malt

pâle exige que la plus haute température n'ait pas dépassé 30 à 40° C.; il donne de la bière très blanche. Le jaune ambré a été obtenu à une température de 80° C.; le malt brun à une température qui s'élève probablement à 140°, quoique les Anglais l'évaluent bien plus bas.

Ces trois espèces, seules ou mélangées, servent à fabriquer des bières de qualités différentes, et l'on caramélise aussi une partie du malt, afin de donner aux bières des couleurs types qui leur servent en quelque sorte de cachet dans le commerce. On peut obtenir une seule et belle qualité de malt, et colorer la bière par du malt torréfié fabriqué exprès; on évite ainsi une perte de temps, de combustible et de la matière sucrée contenue dans l'orge.

La diastase étant décomposée à la température de dessiccation du malt brun, on ne peut pas employer cette orge à la dissolution de la fécule.

Le criblage de l'orge a pour but de séparer des grains les radicelles rendues très friables par la dessiccation; on y parvient avec la plus grande facilité en faisant usage d'un tarare ordinaire, muni d'un crible sur lequel le grain est projeté par le ventilateur. Ces germes ne retiennent aucune matière sucrée, la seule substance utile qu'ils renferment est une matière azotée qui peut servir comme engrais.

5653. Un bon malt, préparé avec toutes les précautions que nous avons indiquées, se distingue par les caractères suivants : il a une saveur douçâtre et une odeur agréable; le grain doit être arrondi, plein d'une belle farine blanche; il doit se briser nettement sous la dent; il nage sur l'eau, tandis que l'orge non malté tombe au fond. Réduit en poudre et agité dans de l'eau à 70°, il doit se dissoudre entièrement, sauf la pellicule; si la plus grande quantité de diastase a été développée, il devra saccharifier sept ou huit fois son poids de fécule.

Une orge de bonne qualité donnera pour 100, en orge germée, séchée et criblée, ou en malt, 80 parties en poids,

tandis que le même grain desséché à la même température, mais sans avoir été germé, ne perdra que 12 p. 100 de son poids; on peut donc en conclure que la germination fait perdre à l'orge 8 p. 100 de son poids primitif.

Un bon malt, quant au volume, doit au contraire avoir augmenté de 8 à 9 p. 100 du volume primitif de l'orge.

5654. *Brassage ou fabrication proprement dite de la bière.* Cette seconde branche de la fabrication de la bière se divise en six opérations principales, qui sont :

1° Broyage ou mouture du malt;

2° Epuisement du malt ou brassage proprement dit;

3° Cuite, décoction du houblon;

4° Filtration, séparation du houblon;

5° Refroidissement;

6° Fermentation;

7° Clarification, collage, etc.

5655. En Angleterre, on opère le broyage du malt entre deux cylindres en fer parfaitement cylindriques, dont les tourillons sont placés sur des coussinets que l'on peut à volonté rapprocher suivant que l'on a besoin d'un broyage plus ou moins grand; des racloirs s'appuient contre la surface des rouleaux et les nettoient continuellement; les grains étant très cassants, la simple pression suffit pour les concasser. Quelques brasseurs emploient des moulins analogues aux moulins à café, mais sur des proportions plus grandes. En général, on emploie de préférence des moulins à meule horizontale, dont on a soin cependant d'écarter un peu plus les meules que si elles étaient destinées à réduire le grain en farine. Il est important en effet, pour la réussite du brassage que les grains soient concassés et non pulvérisés; pou mieux atteindre ce but, on a soin quelque temps avant le broyage de laisser prendre de l'humidité au malt ou de l'asperger d'un peu d'eau, afin de le rendre plus souple.

Le volume du malt écrasé est d'un cinquième plus grand que le volume primitif.

5656. Le brassage, qui tire son nom de la manière dont cette opération est exécutée, et qui est le type de tous les dérivés, brasseur, brasserie, brassin, etc., est destiné à extraire de l'orge la partie sucrée formée pendant la germination, et de plus à mettre le malt dans les conditions les plus favorables pour que l'amidon existant encore soit entièrement changé en sucre et en dextrine par l'action de la diastase.

M. Payen a reconnu que dans la fécule préalablement hydratée, l'amidon gonflé ayant une cohésion moindre, est bien plus rapidement transformé en sucre par la diastase; d'un autre côté, la température et la quantité d'eau employée pour la dissolution entrent pour beaucoup dans cette action. C'est entre 70 et 75° que réside la température la plus convenable; quant à la quantité d'eau, plus on en met et plus aussi la saccharification est complète; dans le cas contraire, il se forme davantage de dextrine.

Il est très important, dans le commencement de l'opération, de ne pas employer de l'eau à plus de 75°, car la diastase serait profondément altérée et ne produirait plus l'effet désiré.

Ces principes reconnus, on comprendra parfaitement ce qui va suivre, et on aura l'explication des différentes températures auxquelles on opère. D'avance, le brasseur doit être sûr que le meilleur brassage, ou dissolution complète de l'orge, se fera en employant d'abord de l'eau à une basse température, et en opérant ensuite avec des lotions d'eau, à des températures de plus en plus élevées.

La première portion d'eau qui doit servir au brassage est destinée à bien pénétrer le malt dans toutes ses parties, à le gonfler, en un mot à dissoudre principalement le sucre formé pendant la germination, et à commencer la réaction de la diastase sur l'amidon intact. Il est nécessaire,

pour obtenir ces résultats que l'eau n'ait pas plus de 60°; sans quoi l'amidon serait saisi et formerait un magma difficile à détruire. Cette précaution est surtout nécessaire, quand la germination et la dessiccation n'ont pas été poussées trop loin, car alors l'amidon est en plus forte proportion dans le grain. L'hydratation est fort aidée, quand on concasse le grain, mais non par sa pulvérisation qui le disposerait à former des pelottes.

Lorsque le malt a été bien démêlé dans l'eau à 60°, on le laisse reposer et gonfler pendant à peu près demi-heure. On fait arriver une nouvelle quantité d'eau à 90°, et on procède au brassage, c'est à dire qu'on remue fortement le liquide. Le mélange de l'eau à 60° et de celle à 90°, forme une moyenne de 70°, qui, comme nous l'avons dit, est la plus favorable à la saccharification du grain par la diastase. Le brassage étant terminé, on recouvre la cuve de dissolution ou *cuve matière*, et on laisse reposer pendant deux ou trois heures; on soutire alors au clair, et la dissolution est élevée aux chaudières de cuite. Cette première infusion ayant enlevé une grande partie du principe sucré, et ayant saccharifié la presque totalité de l'amidon, on ne craint plus d'élever la température de l'eau. Aussi une nouvelle quantité d'eau à 90° est-elle introduite, et se mélange avec le malt qu'elle amène à 80°. On répète la même manipulation que ci-dessus. Après le repos, le moût est de nouveau monté dans la chaudière de cuite où il s'ajoute à la première infusion.

Enfin un troisième brassage avec de l'eau presque bouillante achève d'épuiser tout ce qui restait encore de soluble, et ne laisse plus dans la cuve que la pellicule ligneuse de l'orge, les débris des gemmules, une partie de l'albumine coagulée et quelques substances étrangères insolubles.

Cette troisième dissolution n'est pas ordinairement mélangée avec les deux premières; elle sert à fabriquer une

bière inférieure (petite bière), ou bien on s'en sert comme d'eau pure pour épuiser du malt nouveau.

5657. Voici dans quelles proportions l'eau et le malt sont employés dans la plupart des brasseries de Londres : le premier brassin se divise, comme nous l'avons vu, en deux parts, la première à 60° de température, la seconde à 90°. Si l'on opère dans une des *cuves matières* ou de dissolution que nous décrirons plus loin, sur 38 hectol. de malt à la fois, on emploie 27 hectol. d'eau à 60°, puis 20 à 90°. Il est facile de s'assurer que la moyenne donne une température de 70° à peu près. Le brassage étant terminé, on soutire au clair 30 hectol. de moût. Pour la seconde aspersion, on introduit 34 hectol. d'eau à 90°, qui, mélangés avec ce qui reste dans la cuve, donnent une moyenne de 80°. Pendant que le second brassage a lieu, on pompe le résultat du premier dans la chaudière de cuite, et on l'élève aussi promptement que possible à l'ébullition. Le second brassin étant soutiré au clair, il est immédiatement ajouté au premier. Enfin l'épuisement du malt se produit avec 27 hectol. d'eau portés presque à l'ébullition. Toute cette eau est chauffée dans les chaudières de cuite.

Avec ces quantités d'eau, le moût de première extraction est toujours le plus fort ; le second contient moitié moins de matière sèche que le premier ; le troisième brassin moitié moins aussi que le second.

En général, l'expérience a démontré à Londres qu'on retirait par hectol. de malt 13 kil. de matière sucrée répartie, comme nous venons de le dire, dans les trois brassins ; les 38 hect. que l'on a employés donneront donc 38 × 13 ou à peu près 500 kil. de matière sèche contenue dans 110 hectol. d'eau. Avec ces quantités on obtient 68 hectol. d'une bière ordinaire ; le surplus forme de la petite bière, ou se perd par l'évaporation.

Ces chiffres puisés dans le *Dictionary of arts manufac-*

*tures*, etc., du Dr Ure, donneront une idée des quantités d'eau nécessaires à la fabrication de la bière. A Londres, on se sert pour juger de la richesse des moûts d'un instrument analogue aux aéromètres, et qui donne immédiatement la quantité en poids de matière sèche contenue dans un volume de moût donné.

5658. La marche de l'épuisement du malt étant connue, nous allons décrire maintenant les appareils employés à cette opération.

En France, on emploie des cuves matières légèrement côniques, de 3 à 4 mètres de diamètre, sur une profondeur d'environ $1^{m},70$. A quelques centimètres du fond de cette cuve, est un faux fond formé de douves que l'on peut enlever à volonté pour la facilité du nettoyage, et qui sont percées d'un grand nombre de trous, très petits sur la face qui doit recevoir la couche de malt, mais qui vont en s'élargissant jusqu'à la face opposée; cette disposition cônique est destinée à prévenir les engorgements. Un couvercle mobile en bois, formé de planches solidement assemblées, peut à volonté fermer la cuve. Le *vaguage* ou brassage du malt se fait à force de bras, avec des espèces de fourches à trois dents réunies par trois ou quatre traverses; cette opération est très pénible pour les ouvriers brasseurs. On a rendu cette manœuvre bien plus facile par l'emploi de la fécule. Nous donnerons plus loin quelques détails sur cet emploi.

En Angleterre où le fisc défend l'emploi de toute substance qui tendrait à remplacer l'orge, et où la bière est le plus souvent beaucoup plus forte qu'en France, on a remplacé le brassage à bras d'hommes par des machines plus ou moins compliquées, mais qui remplissent très bien le but qu'on se proposait.

Le malt concassé est placé sur le faux fond de la cuve, et l'eau chauffée dans la chaudière de cuite arrive entre les

deux fonds, s'élève à travers les orifices du faux fond, traverse la couche de malt et dissout les parties solubles. Un robinet placé entre les deux fonds permet de retirer le liquide clair.

En sortant de la cuve matière, les dissolutions sucrées se rendent dans un réservoir de la contenance à peu près de 1,000 litres (cuve réverdoire), où une pompe à chapelet, ou un monte jus, prennent le moût, l'élèvent dans un réservoir plus élevé d'où il se rend ensuite dans les chaudières de cuite.

5659. Les chaudières de cuite ont un double but : 1° elles échauffent l'eau nécessaire à la dissolution du malt, et pour cette raison on les met à un étage plus haut que les cuves matières ; 2° elles servent à la clarification de la bière, à la décoction du houblon et quelquefois à sa concentration. La clarification s'opère par la coagulation de l'albumine provenant de l'orge, et par la précipitation de toutes les matières animales contenues dans le moût, par le tannin du houblon. La décoction du houblon a pour but de réprimer les progrès postérieurs de la fermentation acide de la bière, et de donner à cette boisson une odeur et une saveur forte et particulière au moyen de l'huile essentielle contenue dans le houblon. L'huile essentielle du houblon étant volatile, il importe de prendre toutes les précautions nécessaires pour bien l'utiliser. Ces précautions sont : 1° de faire bouillir le moût le moins possible, tout en s'approchant cependant de très près du point d'ébullition ; 2° de disposer le houblon dans la chaudière de manière à ce que la décoction puisse facilement se faire ; 3° d'employer des chaudières qui perdent le moins possible d'huile essentielle, etc. Nous verrons plus loin comment on satisfait à toutes ces conditions.

Autrefois on était obligé pour la fabrication des bières fortes, et à cause de la difficulté d'obtenir des moûts assez

denses, de concentrer la bière, et par conséquent de la faire bouillir pendant huit, dix et quelquefois quinze heures de suite; on conçoit quels inconvénients présentait ce mode de travail. Il exigeait une dépense considérable et inutile de combustible; une grande partie de l'arôme du houblon était dissipée; enfin, la substance sucrée était toujours plus ou moins altérée.

En France, d'autres matières sucrées, telles que les mélasses, le sirop de fécule, pouvant être ajoutées dans la chaudière de cuite, rien n'empêche d'employer toute l'eau nécessaire à la facile dissolution du malt, et de compléter plus tard le degré de richesse en sucre sans rien évaporer. Du reste, on fait peu de bières fortes en France.

En Angleterre et en Belgique, où l'on ne peut employer ces matières étrangères, l'emploi du puissant brassage à la mécanique permet d'obtenir des jus assez concentrés pour que maintenant il ne soit pas nécessaire de faire bouillir.

Pour chaque hectolitre de malt employé, la chaudière de cuite doit contenir à peu près trois hectolitres. Quand les deux premiers brassins sont amenés près de l'ébullition, on projette dans la chaudière toute la quantité de houblon nécessaire à la sorte de bière que l'on fabrique; cette quantité varie suivant la force de la bière, le temps de sa conservation, et le climat du pays où on l'exporte.

La bière que les Anglais envoient aux Indes est la plus chargée d'huile essentielle.

L'ale et le porter les plus forts demandent à peu près 1 kil. de houblon par hectol. de malt employé; les bières fortes en prennent 600 grammes, et les bières communes en reçoivent rarement plus de 300 gr.

Dans la plupart des fabriques on se contente, comme nous l'avons dit plus haut, de projeter le houblon dans la chaudière, de le faire plonger de manière à ce qu'il s'imbibe d'eau, et on l'abandonne à lui-même pendant toute

l'opération. De tous les moyens employés, celui-là est certainement le moins bon, la chaudière de cuite qu'on emploie dans ce cas est rectangulaire ou arrondie, de $2^m,50$ à $2^m,80$ de profondeur; les parois se rapprochent à la partie supérieure et se terminent par une cuvette à ciel ouvert beaucoup plus large, sur laquelle viennent mourir les bouillonnements produits par l'ébullition. La pl. 110 indique, dans une coupe générale de l'usine, la forme de ces chaudières. Elles sont chauffées directement à feu nu. Avec cette forme de chaudière, toutefois, on peut rendre la décoction du houblon beaucoup plus méthodique qu'à l'ordinaire, en enfermant ce produit dans un panier en tôle légère, percé de trous, et que l'on peut à volonté maintenir dans le moût à quelques centimètres du fond de la chaudière, ou suspendre au dessus de cette dernière afin de laisser égoutter le houblon.

Des chaudières complètement fermées, telles qu'on en emploie en Angleterre, conviennent mieux encore pour la décoction du houblon, elles retiennent presque complètement l'huile essentielle, et sont disposées de manière à mieux épuiser le houblon.

Une amélioration importante à introduire dans la fabrication de la bière, dans les grandes brasseries surtout, c'est l'introduction du chauffage à la vapeur forcée en remplacement du chauffage à feu nu; dans le courant de cet ouvrage, on a tant de fois insisté sur les nombreux avantages que présente ce mode de travail, qu'il est à peine nécessaire de les rappeler ici. Au lieu de quatre, cinq et quelquefois d'un plus grand nombre de foyers, on n'en aura qu'un seul, plus facile à surveiller; on pourra sans perte de combustible arrêter à volonté les opérations, etc.

L'évaporation du moût n'étant nullement nécessaire à la décoction du houblon, on emploierait peut-être avec avantage, pour épuiser toute l'huile essentielle, un des

nombreux appareils de lessivage qui ont été imaginés pour tant d'autres fabrications. L'appareil à courant d'eau chaude de M. Bonnemain réussirait probablement très bien.

5660. Quand la décoction du houblon est terminée, on soutire le liquide et le houblon par un large robinet placé à la partie la plus déclive de la chaudière, et on le conduit dans le bac à repos.

Le bac à repos est une caisse rectangulaire, de 4 à 5 mètres de largeur et $0^m,50$ de profondeur, il est destiné à laisser déposer le houblon et à le séparer complètement du liquide en filtrant celui-ci à travers un clayonnage en bois qui divise le bac en deux compartiments. Après un repos d'une à deux heures, le moût clair peut être décanté, et passer aux bacs rafraîchissoirs, ou au réfrigérant. Les robinets qu'on emploie pour cette décantation ont tous pour but de faire écouler les couches supérieures du moût; ainsi, on emploie quelquefois un robinet dont les nombreuses ouvertures sont placées à différentes hauteurs; mais ce qui vaut mieux, c'est une espèce de robinet flotteur, formé d'un entonnoir pouvant s'affaisser sur lui-même à mesure que le niveau du liquide baisse, en sorte que le moût s'écoule continuellement dans la large ouverture de l'entonnoir; le fond de ce dernier communique avec un tube qui conduit le moût au dehors.

En sortant du bac à repos, la bière possède encore une température de 70 à 75°, il est indispensable avant de la faire passer dans la cuve de fermentation d'abaisser cette température jusqu'à 15° à peu près; il y a donc 55° de chaleur à enlever, dans le moins de temps possible, afin que la bière ne s'altère pas.

5661. Autrefois dans toutes les brasseries, et maintenant encore dans la plupart de celles d'Angleterre, on rafraîchit la bière en l'exposant à un courant d'air rapide, dans de vastes bacs à bords peu élevés. Ce système, qui présente

des inconvénients, a été remplacé, dans quelques fabriques, par des réfrigérants à courant d'eau froide.

Les bacs rafraîchissoirs sont construits en bon sapin du Nord, en planches épaisses et solidement jointes et boulonnées; ils ont 15 centimètres de profondeur seulement, et la bière y est exposée sous une couche de quelques centimètres. On se fera une idée de l'étendue de ces bacs, quand on saura que pour 1,500 gallons de moût la surface réfrigérante doit être de 140 mètres carrés.

Le refroidissement dans ces vastes bacs est naturellement proportionnel à la surface du liquide, à la température de l'air extérieur, à l'état hygrométrique de l'atmosphère, et surtout au renouvellement plus ou moins rapide de l'air sec. Dans le cas où le bâtiment qui contient les bacs n'est pas favorablement exposé aux vents, il est nécessaire de produire l'effet désiré au moyen d'un puissant ventilateur mis en mouvement par une machine à vapeur.

En été le refroidissement spontané ne peut guère avoir lieu que pendant la nuit.

La quantité d'eau évaporée pendant l'abaissement de température est à peu près de 1/8 de volume du moût. Le temps nécessaire au refroidissement, dans un bâtiment bien exposé, est de six à sept heures dans les temps favorables, et de douze à quinze dans les mauvaises saisons. On a essayé d'éviter les effets inconstants de ces bacs rafraîchissoirs, en employant comme moyen de refroidissement l'eau dont la capacité calorifique est beaucoup plus grande que celle de l'air.

Le réfrigérant à courant d'eau froide le plus employé jusqu'à ce jour, est celui de M. Nichols.

Cet appareil est complètement décrit dans la planche III et dans la légende y relative; nous ferons cependant remarquer que cet appareil est méthodiquement conçu; ainsi la bière en couche très mince se trouve en contact immédiat avec de l'eau de plus en plus froide

mesure qu'elle se refroidit elle-même, et l'aspersion d'eau froide qui a lieu sur la surface entière du réfrigérant produit un refroidissement provenant de l'évaporation spontanée de l'eau.

Avec cet appareil un hectolitre et demi d'eau suffisent pour refroidir un hectolitre de moût jusqu'à 15°, en supposant que l'eau sorte du puits à 10°. L'eau d'aspersion forme le quart de la quantité précédente.

L'eau de refroidissement acquiert une température de 35°; elle peut parfaitement servir à la confection de la bière; elle permet donc de faire une économie sur le combustible.

5662. La température que doit avoir la bière en sortant du réfrigérant varie suivant la saison; le tableau suivant indique pour plusieurs mois, et des qualités différentes de bière, la température du refroidissement.

| MOIS. | A LONDRES. | | | A PARIS. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ALE. | PORTER. | TABLE beer. | BIÈRE double. | PETITE bière. |
| Janvier et février . . . | 15 | 14 | 19 | 21 | 20 |
| Mars et avril . . . . | 12 | 13 | 17 | 20 | 19 |
| Mai et juin . . . . . | 11 | 12 | 16 | 18 | 17 |
| Juillet et août . . . . . | Le plus possible. | | | 15 | 14 |
| Septembae et octobre . | 13 | 1 | 17 | 19 | 18 |
| Novembre et décembre. | 14 | 16 | 18 | 20 | 19 |

La bière ayant atteint les degrés de température que nous venons de donner, on la reçoit dans la cuve guilloire ou de fermentation.

5663. La fermentation du moût d'orge a pour but de transformer une partie du sucre contenu dans le moût en alcool; les principes qui doivent guider sont les mêmes que ceux de toutes les fermentations. Ainsi, il faut que la

température de l'atelier ne soit pas trop élevée, que les cuves soient à l'abri d'un changement brusque de température; enfin, que la masse du liquide soit assez considérable pour que la fermentation soit uniforme. Dans les grandes brasseries de Londres, les cuves guilloires peuvent recevoir 1,000 barils de moût et ont une contenance de 1,500. Nous avons dit plus haut que la température était une des principales causes du succès de la fermentation; dans quelques usines, on se rend à volonté maître de cette température en prenant la précaution de faire circuler dans le fond de la cuve un serpentin qui peut à volonté recevoir un courant d'eau chaude ou de vapeur, ou bien encore, en été surtout, un courant d'eau froide. Pour maintenir avec encore plus de sûreté l'uniformité de température, et pour éviter en même temps l'altération spontanée, acide ou putride, qui dans les cuves ouvertes résulte surtout de l'accès libre de l'air à la superficie de l'écume, on a soin de recouvrir la cuve guilloire avec un couvercle en bois, garni de nattes en paille, dont une partie puisse s'ouvrir sur charnière.

La fermentation est provoquée dans la cuve guilloire par la quantité de levure nécessaire, provenant d'une précédente opération, et délayée dans du moût.

Le tableau suivant indique, en poids, les proportions de levure communément employées.

| SAISONS. | A LONDRES. | | | A PARIS. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | SMALL BEER. | STRONG BEER. | ALE. | Petite bière. | BIERE double. |
| Hiver . . . | 0,0020 | 1,0018 | 0,0015 | 0,0025 | 0,0035 |
| Printemps et Antomne. . | 0,0015 | 0,0012 | 0,0010 | 0,0022 | 0,0830 |
| Eté . . . . | 0,0010 | 0,0010 | 0,0005 | 0,0018 | 0,0020 |

Six à sept heures après le mélange de la levure, la tonne est recouverte, et la fermentation devient active; une écume blanche apparaît d'abord au milieu du liquide et s'élève graduellement sur toute sa surface; sa couleur devient peu à peu d'un brun brillant, ce qui tient probablement à l'action oxydante de l'air. Jamais on ne laisse la fermentation se terminer dans les cuves guilloires; il serait trop difficile de régler ses progrès rapides. En Angleterre, dans la fabrication des bières fortes, telles que le porter, l'ale, etc., le transvasement des cuves dans des vases plus petits se fait avec beaucoup de précautions afin d'éviter le mélange de la levure.

5663. Les tonneaux dans lesquels se termine la fermentation ont une contenance de 4 à 5 hectolitres; on laisse la bonde couverte d'un linge afin que l'acide carbonique se dégage sans pression. De temps en temps on remplit le vide occasionné par la fermentation avec de la bonne bière. Dans quelques grandes brasseries de Londres, on a évité la main-d'œuvre du remplissage en terminant la fermentation dans de nombreuses cuves cylindriques, contenant à peu près 25 barils, toutes en communications par des tuyaux aboutissant à leur fond, avec un réservoir plus élevé. Ce réservoir maintient le niveau dans toutes les cuves, et la levure s'échappe par un trop plein.

Dans nos brasseries de Paris, où l'on ne fabrique guère que des bières légères, on termine la fermentation de la manière suivante. On soutire tout le liquide fermenté de la cuve guilloire, dans des quarts d'une capacité égale à 75 litres; leur bonde très large (de 7 à 9 centimètres), livre à l'écume qui continue à se former, un passage facile. Tous ces petits barils sont rangés côte à côte sur les traverses d'un bâti en bois, à une hauteur telle qu'on puisse aisément passer au dessous d'eux une rigole qui rassemble toute l'écume.

Aussitôt que la bière est entonnée, une écume volu-

mineuse sort de toutes les bondes ; elle coule dans la rigole et elle se rassemble dans un seul réservoir ; là, l'écume devient plus épaisse, elle surnage en partie et se précipite aussi en partie au fond de la bière qui l'accompagne.

La matière épaisse, et d'une apparence semblable à celle de la bouillie, est la levure proprement dite ; il s'en produit cinq ou six fois plus qu'il n'en faut, pour ajouter dans le brassin suivant ; aussi les brasseurs après en avoir mis une partie en réserve pour la fermentation de leur moût, vendent-ils le reste aux levuriers, après l'avoir lavée et pressée dans des sacs de forte toile. La fermentation continue à jeter de l'écume hors du quart, pendant plus ou moins longtemps. Le vide qui en résulte est de temps en temps comblé par de la bière claire que l'on verse dans les tonneaux.

Lorsqu'il ne se produit presque plus de levure, on redresse les quarts qui jusque là avaient été penchés, on les remplit complètement et on les laisse dans cette position pendant dix ou douze heures ; au bout de ce temps, il s'est élevé sur la bonde une mousse très légère et volumineuse qui résulte d'un mouvement léger de fermentation.

5664. *De la clarification ou collage de la bière.* Dans la fabrication des bières fortes de garde, on peut garder celles-ci assez longtemps pour que la clarification s'opère spontanément ; en Angleterre maintenant encore, mais surtout il y a une trentaine d'années, les bières étaient conservées jusqu'à dix-huit mois avant d'être livrées à la consommation.

Cette longue maturation s'opérait dans des foudres contenant de vingt à vingt-cinq brassages de plusieurs centaines de barils chacun. On cite un de ces vastes tonneaux qui contenait 18000 barils de bière. Pendant ces dix-huit mois de repos, la bière se clarifiait et s'améliorait ; une lente fermentation convertissait en alcool le sucre qu'elle contenait. Maintenant, on fabrique bien encore à Londres de

ces porters d'une force peu commune, surtout pour l'exportation; mais on confectionne beaucoup plus de bières d'une saveur plus douce, d'une force bien moins grande, et qui ne peuvent guère se conserver plus de six semaines: tel est le porter doux. Pour ce dernier, et pour les bières plus légères encore que l'on fabrique à Paris, on est obligé de les clarifier instantanément et pour cela de les coller. Cette opération est principalement basée sur l'emploi de la colle de poisson, qu'on la prépare de manière suivante. On l'écrase sous le marteau afin d'en rompre les fibres et de favoriser ainsi l'action de l'eau sur cette substance organisée; on la met tremper dans l'eau fraîche pendant douze à vingt-quatre heures, en renouvelant l'eau plusieurs fois, deux fois en hiver et cinq fois en été. On malaxe ensuite fortement la colle de poisson entre les doigts et dans dix fois son poids de bière faite. On passe, au travers d'un linge, la gelée transparente qui en résulte; on rince le linge dans une petite quantité de bière qu'on verse ensuite dans la première dissolution gélatineuse. On y ajoute 1/20 en volume d'eau de vie commune, et l'on peut conserver cette préparation en bouteilles à la cave pendant quinze jours en été, ou un mois en hiver, pour s'en servir au besoin.

Lorsqu'on veut opérer la clarification, on mêle cette colle avec une fois son volume de bière ordinaire; on la bat bien, et on la verse dans les barils; on agite fortement, pendant une minute, la bière qu'ils contiennent à l'aide d'un bâton. On laisse ensuite déposer pendant deux ou trois jours, au bout desquels on tire en bouteilles.

La proportion de colle employée est de 4 décilitres par hectolitre de bière de table; la bière forte en exige quelquefois le double de cette quantité.

5665. Nous réunissons ici les recettes qui indiquent les proportions de matières premières employées dans la fabrication de quelques espèces de bière.

*Porter* (bière de table).

| | | |
|---|---|---|
| Malt.... | Pâle .... | 20 hectol. |
| | Ambré. . | 17 *id.* |
| | Brun.... | 9 *id.* |
| | Houblon..... | 60 kilog. |
| | Levure fraîche..... | 37 |
| | Sel marin..... | 2 |

Ces quantités de matières premières, avec l'eau nécessaire, produisent 68 hectolitres de bière de table, plus une certaine quantité de bière faible provenant d'un dernier lavage du malt et du houblon.

*Porter de garde* (anglais, pour l'exportation).

| | | |
|---|---|---|
| Malt..... | 12 hectol. | malt pâle d'Hereford. |
| | 8,5 *id.* | ambré jaune Kingtown. |
| | 8,5 *id.* | brun foncé Kingtown. |
| | 45 kilog. | houblon de Kent. |
| | 25 | levure fraîche épaisse. |
| | 25 | sel marin. |

Ces quantités donnent 30 hectolitres de bière forte et de longue conservation, plus de la bière moins forte provenant des lavages.

*Bière de Strasbourg.*

250 kilog. bon malt tout nouveau.
4 à 5 kilog. houblon bonne qualité.
Produit 5 hectolitres de bière forte clarifiée.

*Ale de garde.*

| | |
|---|---|
| Malt pâle de Herefordshire..... | 40 hectolitres. |
| Houblon du comté de Kent (de très bonne qualité et aromatique)..... | 50 kilog. |
| Sel..... | 2 kilog. |

Produisent 50 hectolitres d'ale, plus de la petite bière (1/3 ou 1/4 de l'ale.)

Comme on le voit d'après ces tableaux, on emploie pour la confection des bières colorées, de l'orge, dont le sucre a été caramélisé par une haute température; nous avons déjà indiqué les inconvénients de ce procédé; il serait bien plus économique de produire la coloration au moyen d'un caramel fabriqué exprès, avec des sucres à bas prix.

Les bières blanches, au contraire, (ale) qui commencent à être en vogue, se fabriquent avec le malt le plus beau possible.

Pour cette sorte de boisson, les perfectionnements que nous avons indiqués pour la dessiccation de l'orge germée, ont encore plus d'importance que pour les bières brunes.

Dans quelques brasseries qui dessèchent leur malt dans des tourailles à feu nu, et qui n'emploient que de l'orge pour la fabrication, on blanchit le moût de malt en le faisant passer dans les filtres Dumont sur du noir animal en grains.

L'emploi du sirop de fécule facilite beaucoup la bonne fabrication des bières blanches. Des chaudières à décoction de houblon, à double fond, chauffées à la vapeur et hermétiquement fermées, conviennent très bien aussi à sa production.

Voici, du reste, la comparaison entre l'emploi du malt et celui du glucose.

150 litres d'orge pesant 100 kilogr. rendent 75 kilogr. de malt valant 13 francs, qui avec 5 francs de frais pour maltage, mouture, délayage, font 18 francs. En retranchant 3 francs pour drêche et radicelles, reste 15 francs, prix de la matière qui fournit 225 litres de moût à 8°.

Pour obtenir cette même quantité de moût, il faut 40 kilogr. de glucose, ou 60 kilogr. de sirop de fécule à 30°, qui coûtent de 13 à 15 francs.

On économise donc souvent sur le prix et toujours sur les risques des mauvaises germinations, sur les frais d'évaporation, sur les chances du passage à l'aigre, etc.

## CIDRE.

5666. Dans les pays où le raisin ne peut atteindre une complète maturité, on a dû chercher depuis longtemps à remplacer le vin par des boissons analogues et extraites également de fruits plus ou moins sucrés.

Le cidre, l'une des plus employées, se fabrique, comme chacun sait, avec le jus des pommes, qui contient en effet une assez grande quantité de sucre si on en juge par sa pesanteur. En effet, celle-ci se représente par les nombres suivants, d'après M. Couverchel, l'eau étant 1000 :

| | |
|---|---|
| Jus de pomme reinette verte..... | 1084 |
| — de reinette d'Angleterre..... | 1080 |
| — de reinette rouge..... | 1072 |
| — de reinette musquée..... | 1069 |
| — du fouillet rayé..... | 1064 |
| — de la pomme orangé..... | 1063 |
| — de la reinette de Caux..... | 1060 |

Comme on le pense bien, la quantité de sucre que cette densité indique peut varier beaucoup suivant les différentes variétés de pommes, les sols et les saisons.

Mais cette quantité de sucre suffit toujours pour produire une liqueur fermentée. Il ne faut donc pas s'étonner si les Romains on déjà connu le cidre sous le nom de *sicera*. Il paraît que l'art de préparer cette liqueur a été introduit en Biscaye et en Navarre par les Maures. Vers le sixième siècle, les Dieppois l'ont importé d'Espagne en Normandie, où il a pris un grand développement.

Il existe plus de cent variétés de pommes, mais toutes peuvent se ranger dans les trois classes suivantes :

1° Pommes douces;

2° Amères;

3° Acides.

Les meilleures pommes à cidre sont comprises dans la seconde classe; elles donnent un suc plus dense, plus riche en sucre, qui se clarifie mieux et se conserve plus longtemps; viennent ensuite les pommes douces dont le jus est difficile à clarifier; les pommes acides enfin sont les plus mauvaises. Toutes choses égales d'ailleurs, les pommes écrasées qui donneront le jus le plus dense à l'aréomètre de Beaumé, seront presque toujours celles qui contiendront le plus de sucre. Les pommes tardives sont souvent dans ce cas.

Nous n'insisterons pas sur la récolte et l'emmagasinage des pommes, qui exigent des précautions analogues à celles que nous avons indiquées pour la conservation des betteraves, sauf la mise en silos qui ne se pratique pas en général pour les fruits à cidre. La récolte se fait en secouant chacune des branches des pommiers, et en terminant par le gaulage des fruits peu mûrs qui résistent aux premiers efforts. Cette manière de récolter meurtrit les pommes, inconvénient qu'il serait difficile d'éviter, sans augmenter considérablement la dépense de main-d'œuvre. La récolte terminée, on transporte les fruits séparés suivant leur qualité, dans des cases, où on les recouvre de paille pour les préserver du froid.

Dans les environs des grandes villes, on a souvent intérêt à conserver des fruits aussi longtemps que possible, afin de pouvoir préparer, au fur et à mesure de la consommation, du cidre nouveau qui se vend mieux que l'autre.

Dans les pays à cidre on fabrique, au contraire, la plus grande partie de cette boisson au moment reconnu par expérience comme le plus favorable.

Toutes les observations bien faites ont prouvé que c'était à l'époque de la plus complète maturation des pommes, environ un mois à six semaines après la récolte;

c'est alors aussi que la quantité réelle de sucre a atteint son maximum. Cette donnée peut guider dans le choix à faire du moment le plus propice à la fabrication du cidre.

Deux opérations sont nécessaires pour l'extraction du jus, ce sont :

1° Le broyage ou écrasage ;

2° Le pressage.

5667. *Du broyage.* Plusieurs appareils sont employés pour cette première opération ; en Normandie, on l'exécute souvent avec une meule en bois pesante verticale et tournant dans une auge circulaire en pierre ; un cheval attelé à l'extrémité de l'axe de la meule fait mouvoir celle-ci.

La meule tournante ne doit pas être en pierre ; le frottement trop rude qui résulterait du contact de pierre à pierre déterminerait l'écrasage des pépins, et l'huile de ces derniers pouvant s'échapper par la pression subséquente donnerait au cidre un goût spécial fort désagréable. Dans beaucoup d'endroits on a substitué aux meules tournantes, qui exigent une main-d'œuvre plus considérable et qui sont plus chères de premier établissement, des cylindres cannelés susceptibles de se rapprocher ou de s'éloigner, et qui sont alimentés par une trémie qu'on tient constamment remplie de pommes. Ces cylindres sont analogues, sauf quelques modifications, au broyeur de noir animal dont nous avons donné le dessin. On pourrait encore employer avec beaucoup d'avantage, surtout dans une exploitation un peu considérable, les râpes destinées au même usage dans la fabrication du sucre de betterave, seulement il faudrait avoir la précaution d'employer des lames à dents très longues et assez espacées qui ne pourraient déchirer les pépins.

Ce dernier procédé surtout permettrait d'obtenir la presque totalité du jus contenu dans les pommes, avec beaucoup plus de facilité qu'en employant les appareils précédents. Il est facile de le concevoir, car le suc est renfermé

dans des cellules, et on ne peut l'extraire rapidement sans que chacune de ces dernières soit déchirée. Les portions non atteintes se comportent sous la presse comme autant de petites pommes entières, et on sait que ces dernières ne fourniraient pas une goutte de jus, si la macération n'avait rendu les membranes perméables et permis à l'eau de s'y introduire par endosmose, puis d'en faire sortir le suc par la pression.

5668. *Du pressage.* Les pommes étant écrasées ou déchirées, on met la pulpe en tas et on la laisse macérer pendant dix ou douze heures; elle se colore en jaune orangé et communique au jus cette nuance recherchée par le consommateur.

Au bout de ce temps, on soumet la pulpe à l'action d'une presse énergique.

Bien des systèmes de presses sont employés à cet usage; on doit naturellement s'attacher à n'employer que celles qui, sans être trop dispendieuses de premier établissement, fonctionnent bien et avec peu de frottement. Ce ne sont pas là les qualités qui distinguent les pressoirs employés en Normandie dans la plupart des exploitations.

Dans une cidrerie un peu considérable, on conçoit qu'on pourrait employer avec avantage les presses hydrauliques verticales ou mieux horizontales; on obtiendrait plus de jus de la même quantité de pommes, et la main-d'œuvre serait bien diminuée. A défaut de celles-ci, les presses à vis en fer devraient être employées de préférence aux presses à vis en bois. Mais, soit que l'on emploie des vis en bois ou en fer, l'extraction du jus ne peut pas être complète en une seule opération; on est obligé de repasser le marc sous les meules ou entre les cylindres, et de procéder ensuite à un second pressage. On rend celui-ci plus productif en ajoutant pendant le second broyage 25 litres d'eau par 100 kilogrammes de matière; cette eau agissant par déplacement rend plus facile l'extraction des dernières

parties de jus. Ordinairement, on mêle le produit des deux pressages et on en forme un seul liquide de qualité moyenne.

En Normandie, on calcule que 2,540 kilogrammes de pommes doivent rendre 1000 litres de cidre pur, et 600 litres résultant de rebrassage du marc humecté d'eau. Ces 1,600 litres mêlés ensemble donnent encore un fort bon cidre que l'on vend assez souvent même sous le nom de cidre pur. On conçoit qu'il n'en saurait être autrement, du moins dans les cidreries où l'on a coutume d'ajouter de l'eau à la première pilée, supposant que sans cette addition le jus ne pourrait sortir des pommes.

5669. *De la fermentation.* Le jus des fruits ayant été recueilli dans un réservoir, on l'en retire pour le transvaser dans des tonneaux. L'orifice de ceux-ci est ensuite recouvert par un linge mouillé, ou mieux encore fermé par une bonde hydraulique. En peu de jours, il s'établit une première fermentation appelée fermentation tumultueuse qui soulève le linge placé sur la bonde, et rejette au dehors plusieurs matières solides entraînées en écumes ; peu à peu il se forme un chapeau qu'il est bon de ne pas enlever, car il préserve le cidre du contact de l'air atmosphérique, contact qui tendrait à l'aigrir.

Cette première fermentation étant terminée, ordinairement un mois après l'encuvage, il faut, si l'on veut obtenir du cidre de qualité supérieure, soutirer le liquide fermenté et le placer dans des tonneaux de 7 à 800 litres, où il reste jusqu'à sa complète consommation et où il éprouve une seconde fermentation plus lente qui transforme peu à peu le sucre en alcool.

Si l'on veut obtenir du cidre doux et qui se conserve tel pendant longtemps, on opère la première fermentation du liquide dans des tonneaux placés debout ou dans des cuves cylindriques.

Dès que le premier mouvement de fermentation a porté vers la superficie du liquide les corps légers qu'il tient en

suspension, on se hâte de le soutirer afin d'obtenir un cidre aussi limpide que possible.

On le verse dans des barils soufrés afin d'interrompre la fermentation, puis on le met en bouteilles où il devient mousseux en quelques jours.

Voici comment on s'y prend généralement en Angleterre pour préparer le cidre consommé comme boisson de luxe dans les villes; on employe des fruits de choix et le moût de première qualité qu'on obtient est introduit dans un tonneau. Dès qu'il s'est éclairci, on le décante dans un second tonneau moins grand afin qu'il soit complètement rempli avant que la fermentation se déclare. Au bout de seize à dix-huit heures la fermentation tend à s'établir dans le second tonneau; on l'arrête en transvasant le liquide dans un troisième; on répète cette opération jusqu'à ce qu'il n'y ait plus dégagement d'acide carbonique.

Si l'on veut mettre le cidre en bouteille de manière à ce qu'il se conserve mousseux, on décante une seule fois le moût, avant la première fermentation, dans un tonneau à l'intérieur duquel, pour paralyser la fermentation, on a brûlé une mèche soufrée, ou mieux pour ne pas lui donner de goût étranger, on l'imprègne d'un peu d'alcool. Au bout de six à sept jours, avant que la moindre fermentation ne se déclare, on le soutire dans des bouteilles, dont on ficelle le bouchon et qu'on goudronne ensuite; on garde ces bouteilles dans une cave bien fraîche, et dès le premier mois on peut consommer ce cidre qui mousse parfaitement. Ce cidre conserve ses propriétés et son goût agréable pendant deux ou trois ans, et peut pendant l'hiver surtout être transporté au loin.

Le cidre ordinaire, immédiatement après sa seconde fermentation, a une saveur douce et sucrée; il est chargé d'acide carbonique. A cet état, il est recherché par beaucoup de personnes, mais il ne tarde pas à changer; la fermentation alcoolique diminue peu à peu, la matière sucrée

est bientôt entièrement changée en alcool, et la fermentation acide commence. Alors il devient légèrement amer, plus ou moins acide et piquant, et laisse à la bouche un arrière-goût variable suivant le terroir. A cet état il constitue ce qu'on appelle le *cidre paré*, que les habitants des pays à cidre préfèrent. Il est moins sucré, désaltère mieux, et l'habitude empêche d'apercevoir même un passage plus complet à l'acide. Pour les personnes qui trouvent qu'à cet état le cidre commence à passer, on cherche à retarder ce moment autant que possible, et à améliorer ainsi le cidre en y mêlant après le soutirage un dixième de cidre doux n'ayant pas subi de fermentation tumultueuse.

Si l'on veut le conserver doux pendant longtemps, on réduit par l'ébullition le cidre doux au sixième, et on mêle le sirop qui en résulte, au cidre, après la première fermentation; enfin, on peut y ajouter une substance sucrée exempte de mauvais goût et *soufrer* les fûts avant d'y verser le cidre soutiré.

Les maladies les plus communes des cidres sont celles qu'ils prennent tous en Normandie en vieillissant; elles tiennent à l'habitude de tirer cette boisson à la pièce au fur et à mesure des besoins. Chaque jour on agrandit l'espace rempli d'air en contact avec la surface du cidre, et de plus le long séjour de ce liquide sur la lie lui fait subir des transformations nuisibles. D'un côté, le cidre perd peu à peu son goût et devient noir; d'un autre, le large contact du liquide avec l'air ne tarde pas à amener la fermentation acide; enfin, en raison de la présence des substances azotées, la fermentation putride suit bientôt; alors le cidre ne peut plus servir de boisson, il faut le distiller, s'il contient encore assez d'alcool, pour indemniser des frais de cette opération.

On peut prévenir ces maladies, d'une part, en mettant le cidre qui doit servir aux besoins journaliers dans de petits tonneaux ou dans des bouteilles; d'autre part, en ajoutant

au liquide du cidre doux, comme nous l'avons dit, ou des matières sucrées à bon marché et clarifiées au charbon végétal.

Une autre maladie des plus communes et qui se termine souvent aussi par la fermentation putride, c'est la graisse. Elle a les mêmes causes que la maladie semblable des vins blancs, et l'on pourrait sans doute en prévenir les effets par les mêmes agents.

Le cidre fournit à la distillation environ 6 p. 100 d'eau de vie à 20 ou 22°. Il peut, comme le vin, et par les mêmes procédés produire un vinaigre susceptible de divers emplois.

## POIRÉ.

5670. Le poiré se prépare avec le jus des poires absolument de la même manière que le cidre de pommes; seulement la liqueur que l'on obtient est beaucoup plus alcoolique, et l'action plus énergique à doses égales qu'elle exerce sur l'économie animale, a pu faire croire que cette boisson était plus malsaine que le cidre. Elle est du reste très agréable au goût et se rapproche plus que le cidre de quelques vins blancs légers; aussi emploie-t-on parfois le poiré pour frauder les vins blancs; il peut même améliorer des vins très légers en les préservant des altérations spontanées auxquelles le défaut de sucre ou d'alcool les rend sujets.

Terme moyen, le poiré donne un dixième de son volume d'eau-de-vie à 20 ou 22° comparable à celle du vin.

Parmi les meilleurs fruits à poiré, on recommande deux variétés des poires dites de sauge, et les analyses de M. Girardin ont confirmé cette opinion émise par les agriculteurs.

Ces faits démontrent que la poire est un fruit très sucré; il l'est même plus que la pomme.

On en jugera par le tableau suivant qui donne, d'après

M. Bérard, la composition moyenne des poires cuisse madame à trois états différents.

| | POIRES. | | |
|---|---|---|---|
| | Mûres. | Gardées. | Molles. |
| Eau. . . . . | 86,28 | 83,88 | 62,73 |
| Sucre de raisin. . . . . | 6,45 | 11,52 | 8,57 |
| Tissu végétal. . . . . | 3,80 | 2,19 | 1,85 |
| Matière gommeuse. . . . | 3,17 | 2,07 | 2,62 |
| Acide malique. . . . . | 0,14 | 0,08 | 0,61 |
| Albumine. . . . . | 0,08 | 0,21 | 0,23 |
| Chaux. . . . . | 0,03 | 0,04 | traces. |
| Chlorophylle. . . . . | 0,08 | 00,4 | 00,1 |

Outre ces substances appréciables, les poires renferment encore des traces d'acide pectique, d'acide gallique, de malate de potasse, d'huiles grasse et essentielle, de matières azotées et d'acide carbonique.

Ces analyses montrent que la poire renferme du sucre, une matière gommeuse analogue à la dextrine et capable de se convertir en sucre. Elles nous font voir qu'à côté de ce sucre, il existe dans le jus de ce fruit une matière albumineuse propre à se transformer en ferment au contact de l'air. Nous retrouverons toutes ces conditions dans le raisin.

Bornons-nous à remarquer ici en terminant que la distillation du cidre et du poiré devient une opération de plus en plus usuelle, et qu'aujourd'hui, par exemple, on distille en Normandie environ 400,000 hectolitres de ces liquides par année.

## VINS.

3671. Quoique la fabrication et la consommation des vins remontent à la plus haute antiquité, et qu'elles aient fourni aux écrivains des premiers âges des réflexions ou des images parfaitement applicables à nos habitudes, il n'en est pas moins certain que les vins des anciens différaient fort souvent des nôtres. C'étaient des boissons obtenues, il est vrai, par la fermentation du jus de raisin, mais tantôt épaissies, tantôt aromatisées, et n'ayant de commun parfois que le nom et la présence de l'alcool, avec nos vins modernes dont nous nous occuperons plus particulièrement ici.

Sous le nom de vin, pris dans l'acception la plus stricte du mot, on comprend donc ordinairement des boissons ou liqueurs obtenues par la fermentation du moût ou suc des raisins. Quelques chimistes ont, il est vrai, généralisé cette expression et comprennent dans la classe des vins toute liqueur sucrée qui a subi la fermentation vineuse. Cette extension scientifique doit être repoussée; elle jette la confusion dans la classification des vins et donne des excuses à la fraude.

Aussi, n'adopterons-nous pas ce langage figuré, et réserverons-nous le nom de vins aux produits fournis par la vigne, laissant aux autres produits obtenus par la fermentation, le titre général de liqueurs ou boissons fermentées.

3672. Tout le monde sait que le raisin varie de qualité comme de couleur, mais dans tout raisin nous retrouvons : 1° Le jus renfermé dans des cellules ; 2° ces cellules et la matière mucilagineuse qui les tapisse; 3° les pépins que chaque grain renferme ; 4° la peau ou pellicule du grain ; 5° la grappe ou rafle proprement dite.

La part que chacune de ces matières prend dans la fermentation, quand celle-ci se passe en leur présence, n'est

pas toujours facile à faire, aussi devons-nous d'abord examiner avec le plus grand soin tout ce qui concerne le jus de raisin ou le moût proprement dit. Ce moût renferme au moins une douzaine de matières qui exercent une influence plus ou moins prononcée sur ses propriétés. Leur nom suffira pour les caractériser pour la plupart.

1° *Glucose* ou *sucre de raisin.*

2° *Fécule.*

3° *Pectine.*

4° *Albumine.*

5° *Gluten.*

6° *Extrait*, mélange mal connu.

7° *Tannin*, ou principe astringent.

8° *Matière colorante* bleue; elle rougit par les acides.

9° *Bitartrate de potasse.*

10° *Acide malique;* sa proportion diminue dans les raisins bien murs.

11° Quelques traces d'acides *citrique, lactique.*

12° *Eau*, en plus ou moins grande quantité.

De plus, il faut admettre encore dans le vin certains sels minéraux, savoir : du tartrate de chaux, du tartrate d'alumine et de potasse, du sulfate de potasse, du chlorure de sodium, du chlorure de potassium et dans quelques variétés de raisins des Vosges des paratartrates alcalins, qui remplacent peut-être une partie des tartrates. Enfin, on ne saurait méconnaître la présence des matières grasses dans le moût, soit qu'elles proviennent du jus, de la pellicule ou des pépins. Elles jouent un rôle incontestable, en tout cas, dans la production du bouquet, comme le prouvera l'histoire de l'éther œnanthique.

Le *glucose*, converti en alcool, constitue la *vinosité*, la force du vin; les autres substances ne sont, pour ainsi dire, qu'accessoires et ne font que modifier sa saveur : c'est du nombre de ces matières, des diverses proportions dans lesquelles elles se trouvent mélangées et peut-être

aussi de leur état particulier, que proviennent les nombreuses variétés de vins.

La première opération à faire pour connaître la bonne ou la mauvaise qualité d'un moût, consiste toutefois à s'assurer de la proportion de matière sucrée qu'il contient; son poids, comparé à celui de l'eau pure sous un même volume, n'est pas une mesure certaine de cette quantité, parce que la densité du moût peut varier par la présence des autres substances qui accompagnent le sucre, surtout dans les mauvaises années.

3673. M. Massonfour a proposé l'emploi d'un pèse moût auquel il a donné le nom de *mustimètre;* ce n'est autre chose qu'un aréomètre ordinaire, où le zéro correspond à la densité de l'eau distillée; les autres divisions inférieures de 5 en 5 jusqu'à 20 donnent la pesanteur spécifique du moût.

Pour essayer le *moût*, on le passe à travers un linge; on le verse ainsi épuré dans une éprouvette, et on y plonge le *mustimètre*. Le degré auquel il s'arrête indique sa densité. Supposons que l'instrument se fixe à 10 degrés, la pesanteur du moût, d'après la table ci-dessous, sera égale à 1075; c'est à dire qu'un litre d'eau pesant 1000 grammes, un litre de moût à 10 degrés pèsera 1075 grammes; un hectolitre sera du poids de 107 kil. 500 grammes, et donnera par l'évaporation à siccité, un résidu de 20 kilogrammes.

Dans chaque pays vignoble, on devrait déterminer par une suite d'observations précises les densités du moût produit par les bonnes années. On saurait ainsi quelle est la proportion du glucose qu'il faut ajouter au moût des mauvaises années; car il suffirait évidemment d'en mettre assez pour amener la densité de ce moût à celle qui caractérise les années favorables. C'est, comme on voit, une opération très simple, car elle se réduit à connaître le titre

aërométrique du moût dans les bonnes années, et à l'atteindre dans les mauvaises par l'addition du glucose.

N 2. *Table indiquant le poids d'un hectolitre de moût, ainsi que celui d'extrait qu'il contient par chaque degré du mustimètre.*

| DEGRÉS. | POIDS d'un hectolitre en kilogrammes | POIDS de l'extrait sec en kilogrammes. |
|---|---|---|
| 1 | 100 kil. 800 | 1 kil. 128 |
| 2 | 101 » 500 | 4 » » |
| 3 | 102 » 200 | 5 » 856 |
| 4 | 102 » 900 | 7 » 728 |
| 5 | 103 » 600 | 9 » 600 |
| 6 | 104 » 300 | 11 » 456 |
| 7 | 105 » 100 | 13 » 600 |
| 8 | 105 » 900 | 15 » 728 |
| 9 | 106 » 700 | 17 » 856 |
| 10 | 107 » 500 | 20 » » |
| 11 | 108 » 30 | 22 » 128 |
| 12 | 109 » 100 | 24 » 256 |
| 13 | 109 » 900 | 26 » 400 |
| 14 | 110 » 700 | 28 » 528 |
| 15 | 111 » 600 | 30 » 928 |
| 16 | 112 » 500 | 33 » 328 |
| 17 | 113 » 400 | 35 » 728 |
| 18 | 114 » 300 | 38 » 128 |
| 19 | 115 » 200 | 40 » 528 |
| 20 | 116 » 100 | 42 » 928 |

En supposant exactes les expériences sur lesquelles repose cette table, il est clair que sans recourir à l'emploi d'aucun instrument spécial, elles permettent de déduire de la densité d'un moût quelconque, sa richesse en matière solide, et par suite d'évaluer approximativement le sucre qu'il renferme.

L'importance de cette détermination sera facilement comprise. Il est certain qu'on peut, avec avantage, ajouter au moût de raisin le sucre qui lui manque dans les années froides ou pluvieuses. Depuis longtemps, les vignerons de la Bourgogne n'hésitent plus à donner à leur moût les quantités supplémentaires de sucre que la nature leur a refu-

sées, et ils font usage dans ce but de sucre d'amidon fabriqué au moyen de l'acide sulfurique par M. Mollerat. L'expérience a prononcé en faveur de l'utilité de cette pratique, qui s'est répandue dans plusieurs localités.

Autrefois, on pensait que dans le cas où le vin manque d'alcool, on pouvait se contenter d'en ajouter la dose nécessaire, pour l'amener à son titre ordinaire. Aujourd'hui, quiconque a réfléchi sur les phénomènes de la fermentation n'hésitera point à prononcer qu'il est tout différent d'introduire le sucre dans le moût ou l'alcool dans le vin. Le sucre, en fermentant, produit un mouvement chimique auquel participent plus ou moins les divers matériaux du moût. Il est donc très vraisemblable que les vignerons qui assurent que le sucre de cannes et le sucre d'amidon, ajoutés au moût, ne produisent pas le même effet, ont raison ; il est évident que la répugnance qu'ils éprouvent à ajouter de l'alcool aux vins est fondée. Le mieux est de se rapprocher de la nature autant qu'on peut, en ajoutant au moût un sucre à peu près identique avec celui qui lui manque.

Quand on a déterminé dans une localité la proportion de sucre qui se trouve dans le moût des bonnes années, il faut donc ajouter dans les années froides le sucre nécessaire pour rétablir la dose.

Mais, non seulement, il faut repousser toute addition d'alcool dans le vin, toute addition de sucre de canne dans le moût, mais peut-être aussi convient-il de n'employer le glucose d'amidon qu'avec circonspection, tant que son identité avec le glucose du raisin ne sera pas mieux tranchée qu'elle ne l'est aujourd'hui.

3674. Nous reviendrons plus loin, au point de vue pratique, sur la fermentation du moût. Théoriquement, nous n'avons rien à ajouter à ce que nous en avons dit. Elle exige le concours de l'air, pour commencer, mais une fois le ferment produit, ce concours devient inutile et même dangereux. Quand la fermentation est terminée, le moût a

changé de nature. Le sucre est transformé en alcool qui reste et en acide carbonique qui a disparu. Mais, en se formant, l'alcool a changé le moût en vin, et celui-ci n'est plus apte à dissoudre les corps que le moût tenait en dissolution ; de là, des réactions que nous allons préciser.

Et d'abord, l'alcool existe-t-il réellement dans le vin? aujourd'hui, il semble à peine possible qu'on ait élevé le moindre doute à ce sujet. Lorsqu'on distille une certaine quantité de vin, et que la liqueur distillée est ensuite restituée au résidu, la pesanteur spécifique de ce mélange est absolument la même que celle du vin avant la distillation. L'alcool étant beaucoup plus léger que le vin, s'il s'était formé pendant la distillation, la pesanteur spécifique du mélange qu'il forme avec le résidu, serait plus faible que celle du vin lui-même, ce qui n'arrive jamais. Et cependant, on a discuté longtemps pour savoir si l'alcool existe tout formé dans les vins, ou bien s'il se forme par l'effet de la chaleur employée pour les distiller. Cette dernière opinion a été soutenue par Fabroni (*Ann. de chim.*, xxx, 220) ; mais, M. Gay Lussac en a complètement démontré la fausseté.

Les observations suivantes qui lui sont dues prouvent entièrement, en effet, l'existence de l'alcool tout formé dans les vins :

1° L'alcool peut être extrait par la distillation du vin dans le vide, à la température de 15°, ce qui détruit l'opinion qui attribue sa formation à l'action de la chaleur appliquée aux éléments existants dans la liqueur fermentée.

2° Lorsque la matière colorante et la matière extractive du vin en ont été précipités par la litharge, l'alcool pur peut en être séparé directement par la simple addition d'un corps avide d'eau, tel que le sous-carbonate de potasse, de la même manière qu'on le sépare de l'eau de vie.

Il suffit d'agiter pendant quelques instants le vin avec un excès de litharge porphyrisée; il est bientôt décoloré.

On filtre ou on décante pour séparer l'excès de litharge et le tartrate de plomb. On introduit ensuite la liqueur filtrée dans un tube qui renferme de la potasse du commerce bien sèche. Celle-ci se dissout, s'empare ainsi de l'eau que renferme le vin et en met l'alcool en liberté. Il faut boucher le tube et l'abandonner pendant quelques heures au repos. L'alcool se sépare, peu à peu, et si on a déterminé le volume du vin, on peut, en mesurant l'alcool obtenu, reconnaître, à peu près, la richesse du vin éprouvé.

Cependant, ce procédé n'est pas applicable d'une manière exacte. L'alcool qui se sépare ainsi retient plus ou moins d'eau, selon les circonstances. En tout cas, il dissout de l'acétate de potasse. La dissolution aqueuse de carbonate de potasse retient elle-même plus ou moins d'alcool.

Il faut donc recourir à la distillation, retirer ainsi les deux tiers ou les trois quarts du liquide, et ajouter au produit distillé assez d'eau pour reproduire le volume primitif du vin. En déterminant la densité du liquide et recourant aux tables qui expriment la richesse de l'alcool, à diverses densités, on a immédiatement la teneur du vin en alcool.

3675. M. Brande a déterminé de la sorte la teneur en alcool des vins suivants :

| | Alcool pour 100 |
|---|---|
| Martala, Lissa, Vin de raisin sec | 25 |
| Porto, Madère | 22 à 23 |
| Vin de groseilles | 20 |
| Xerès, Ténériffe, Potarès, Madère rouge, Madère du cap, Lacryma Christi, Constance blanc | 20 |
| Constance rouge | 19 |
| Bucellas, Muscat du cap, Carcavello, Vin de Roussillon, Vin du Rhin | 18 |
| Alba-flora, Malaga, Ermitage blanc, Malvoisie | 16 |
| Schiras, Lunel, Vin de Bordeaux, Syracuse | 15 à 16 |
| Bourgogne, Sauterne, Nice | 14 à 15 |
| Grave, Barlac, Tinto, Champagne | 13 à 14 |
| Cote rotie, Frontignan, Champagne mousseux | 12 à 13 |
| Tokai | 10 |

Il faut remarquer, néanmoins, que ces nombres expriment en centièmes la quantité d'alcool à 0,825 que les vins analysés renferment, et non la proportion d'alcool absolu. Il en est de même de la table suivante dressée par M. L. Beck, aux États-Unis.

| NOM DE LA LIQUEUR. | Alcool % par mes. |
|---|---|
| 1. Madère commun | 25,77 |
| 2. D° de la maison de R^ere Seal. | 23,11 |
| 3. D° commun | 22,41 |
| 34. D° de la maison Houghton et C^e | 22,25 |
| 5. D° Farquhar, âgé de 40 ans en bouteilles | 21,79 |
| 6. D° âgé de 20 ans | 21,45 |
| 7. D° Edgar | 21,30 |
| 8. D° Brammin | 20,91 |
| 9. D° commun | 20,72 |
| 10. D° Wanderer | 20,70 |
| 11. Bl.-Blackburn, vieux | 20,68 |
| 12. D° qu'on dit être parfaitement pur vieux de 28 ans | 19,30 |
| 13. Madère sercial | 25,18 |
| 14. D° d° | 18,96 |
| 15. Madère | 22,10 |
| 16. Bucellas | 18,80 |
| 17. Vin d'Espagne brun | 18,03 |
| 18. Porto en bouteilles depuis 7 ans | 22,87 |
| 19. Porto | 22,35 |
| 20. D° | 21,98 |
| 21. Torres Vedras | 20,51 |
| 22. Sauterne | 13,00 |
| 23. Claret, Château Margaux | 11,80 |
| 24. D° Palmer Margaux | 11,04 |
| 25. Vin d'Amérique de 2 ans | 11,25 |
| 26. Metheglin de 20 ans en bouteilles | 10,57 |
| 27. Aile, d'Albany, de 2 ans en bouteilles | 10,67 |
| 28. Aile, d'Albany, en baril | 7,38 |
| 29. Cidre d'Amérique en bouteilles | 4,80 |
| 30. Cidre en baril, 6 mois | 4,84 |
| 31. D° en baril | 4,41 |
| 32. Eau-de-vie de grain d'Irlande | 73,70 |
| 33. Genièvre naturel de Hollande | 55,44 |
| 34. Eau-de-vie commune | 51,01 |
| 35. D° de grain, commune | 42,95 |

Les résultats contenus dans ce tableau s'accordent généralement avec ceux de M. Brande. On ajoute le plus souvent une certaine quantité d'eau de vie dans les vins d'Espagne, de Portugal et de Sicile, qu'on destine aux marchés étrangers. Il est probable que l'habitude où l'on est d'effectuer ce mélange tient à ce que leur force fait leur réputation, et peut être aussi à ce qu'on a besoin de moins de soin pour les préparer à l'exportation, quand on y ajoute de l'eau de vie.

Il faut donc regarder les chiffres donnés par ces deux tables, comme exprimant la composition des vins qu'on trouve dans le commerce plutôt que celle des vins naturels, qui sont probablement moins riches en alcool en général.

On sait depuis longtemps que la pesanteur spécifique des vins, différents en cela des liqueurs distillées, ne peut donner aucune idée de la proportion d'alcool qu'ils renferment.

Cependant ces pesanteurs spécifiques sont nécessaires à connaître dans beaucoup de circonstances.

Diverses expériences sur ce sujet ont été faites par Brisson et Brande, et par d'autres chimistes. Voilà quelques uns des résultats obtenus :

| | |
|---|---|
| Madère commun | 0,98659 |
| Madère *sercial* | 0,98606 |
| Madère pur | 0,98860 |
| Porto commun | 0,98203 |
| Sauterne | 0,99511 |
| Bordeaux commun | 0,99490 |
| Vin américain | 1,00702 |
| Cidre commun | 1,03400 |
| Hydromel | 1,08964 |

3676. On suppose, généralement, que l'action de l'alcool sur l'économie animale est modifiée dans le vin par les autres matières végétales qui s'y trouvent mêlées ou combinées, et on admet que le pouvoir enivrant du vin n'est pas aussi grand que celui d'un mélange proportionnel d'alcool et d'eau. Il serait, à coup sur, mal fondé de vouloir établir une opinion générale à ce sujet. Nul doute que certains vins ne renferment des principes spéciaux dont l'action s'ajoutant à celle de l'alcool ne saurait être négligée. Mais, à cela près, la croyance commune paraît fondée, et pour la justifier il suffit de jeter un coup d'œil sur la table suivante des pouvoirs enivrants relatifs des divers vins et des autres liqueurs fermentées, dans la supposition que l'alcool possèderait la même puissance dans le vin que dans les liqueurs distillées.

L'eau de vie contenant 53,39 p. 100 d'alcool étant prise comme type et portée à 100, on a d'après M. L. Beck :

| | Pouvoirs enivrants. |
|---|---|
| Eau-de-vie | 100 |
| Madère le plus fort | 48,26 |
| Madère le plus faible | 36,14 |
| Porto | 42,33 |
| Bucellas | 35,21 |
| Vin d'Espagne | 33,75 |
| Torres Vedras | 38,22 |
| Sauterne | 24,34 |
| Bordeaux | 21,38 |
| Vin d'Amérique | 21,07 |
| Hydromel | 19,79 |
| Bière | 19,98 |
| Bière | 13,82 |
| Cidre d'Amérique | 8,76 |

D'où il suit, que deux mesures de Madère fort équivaudraient, d'après la quantité d'alcool qu'elles contiennent, à près d'une mesure d'eau de vie, et qu'environ cinq mesures de bière équivalent à une mesure d'eau de vie. On peut dire, presque avec certitude, que les puissances enivrantes de ces liqueurs sont inférieures aux proportions qui se trouvent exprimées par là. Cela prouve que l'effet de l'alcool dans les vins et dans les autres liqueurs fermentées est modifié par la présence de l'eau et aussi, peut-être, par celle des matières végétales que contiennent ces liqueurs.

Tout le monde s'accorde à dire que le vin nouveau est plus enivrant que le vin vieux, quoique ce dernier soit plus spiritueux; et on ajoute pour l'expliquer que l'alcool à la longue se combine de plus en plus avec l'eau et perd ainsi une certaine proportion de sa puissance enivrante. L'union de l'alcool et de l'eau ne serait complète que lorsqu'ils auraient été quelque temps en contact. L'eau de vie et l'eau étant bus immédiatement après avoir été mêlés, leur effet sur l'économie ne serait pas très différent de celui

qu'aurait produit la même proportion d'eau de vie prise à l'état de pureté.

Je n'ai cité ces remarques qu'afin de montrer à quel point est compliqué ce sujet qui paraît si simple. Sans nul doute, l'alcool passe peu à peu à l'état d'éther en s'unissant aux divers acides du vin et à ceux qui peuvent y prendre naissance. Par là, son pouvoir enivrant doit diminuer. Mais, cela ne suffit pas pour expliquer les différences signalées ici, et peut être trouvera-t-on un jour que dans les liqueurs vineuses récemment obtenues ou vieillies, il y a dans l'alcool des différences du même ordre que celles qu'on observe relativement aux acides phosphorique ou pyrophosphorique.

3677. La composition du vin varie d'ailleurs beaucoup; les substances qu'on y trouve peuvent cependant être prévues d'après la composition du moût; elles sont : de l'eau, de l'alcool, du sucre non décomposé, de la gomme, des matières extractives, de l'albumine, de l'acide acétique, du bitartrate de potasse, du tartrate de chaux, du tartrate d'alumine et de potasse, du sulfate de potasse, du chlorure de sodium, du chlorure de potassium; dans les vins rouges une matière colorante rouge, et dans les vins de Champagne de l'acide carbonique. Enfin, dans tous les vins, sans doute, une huile éthérée plus ou moins abondante, plus ou moins suave qui en constitue l'arôme ou le bouquet.

M. Chevreul a démontré, depuis longtemps, que le bouquet des vins possède les principales propriétés des huiles essentielles.

M. Deleschamp a extrait du marc des vins en Bourgogne une proportion considérable, environ $\frac{1}{40000}$ d'une huile éthérée à odeur vineuse que MM. Pelouze et Liebig ont décrite sous le nom d'éther œnanthique (5876.)

M. Balard a fait voir, de son côté, que les rafles des raisins de Montpellier donnent à la distillation une huile qui

renferme, outre l'éther œnanthique, une substance identique avec l'alcool amylique ou l'huile de pommes de terre (3856.)

Ces observations, faites dans des circonstances exagérées, sans doute, puisqu'il s'agit de vins qui ont un mauvais goût, comme le vin de marc ou le vin de pressoir, montrent, néanmoins, qu'on peut être assuré que dans le vin lui-même, il existe des traces de ces huiles odorantes, si bien faites pour expliquer l'arôme des vins.

Tout porte à croire que les acides gras contenus dans les graisses ou huiles que le raisin renferme sont, d'après une belle remarque de M. Laurent, le point de départ de la formation de ces produits. A mesure que ces acides ont le contact de l'air, ils s'oxydent, se convertissent ainsi en acides plus énergiques et par conséquent plus disposés à former des éthers; plus volatils, et par là capables d'exalter l'odeur et la saveur spéciale des vins.

La couleur des vins rouges provient des pellicules des raisins rouges avec lesquels on fait fermenter le moût, et dont le principe colorant, qui est cristallisable, rougi par l'acide libre du jus de raisin, se dissout à mesure que la liqueur devient alcoolique pendant la fermentation. Outre ce principe colorant, le vin enlève aux pellicules une quantité assez considérable de tannin, auquel ce vin rouge doit sa saveur astringente, ainsi que la propriété de changer sa couleur rouge en une couleur noire brunâtre, quand on y ajoute une dissolution d'un sel de fer.

3678. Les marchands imitent quelquefois les vins rouges, en ajoutant au vin blanc d'autres matières colorantes et tannantes, telles que du bois de Brésil ou de campêche, du jus de betterave, de la graine de sureau, etc. Plusieurs chimistes se sont occupés de rechercher les moyens de découvrir ces falsifications.

M. Vogel propose de mêler les vins suspects avec du sous-acétate de plomb. Dans les vins purs, cet agent forme un

précipité vert grisâtre; dans les vins qui ont été colorés par le bois de Brésil ou la graine de sureau, le précipité est couleur bleu d'indigo, et lorsque c'est la betterave ou le bois de santal qu'on a employé, le précipité est rouge.

Si l'on verse une dissolution de sous-acétate de plomb dans du vin de Madère pur, le précipité est jaune clair, couleur de crême. Dans le vin pur de Porto, le précipité est grisâtre avec une légère teinte de vert.

Dans une infusion de campêche, le précipité produit par le sous-acétate de plomb est d'un rouge pourpré; si l'on étend la matière colorante dans une plus grande quantité d'eau, le précipité devient moins épais et d'une couleur plombée.

Avec le jus de betterave, le précipité est couleur puce; lorsqu'il est étendu d'eau, il devient d'un rouge pâle saumon.

M. Berzélius prétend que la matière colorante des vins rouges donne des précipités diversement colorés, au moyen de l'acétate de plomb, suivant l'âge des vins. Ainsi, dans un vin rouge nouveau, le sous-acétate forme ordinairement un précipité bleu; cette circonstance diminuerait beaucoup la valeur de ce moyen d'épreuve.

Pour découvrir les colorations artificielles des vins, M. Nees d'Esenbeck a proposé une méthode qui passe pour être un peu moins inexacte; elle consiste à dissoudre une partie d'alun dans onze parties d'eau, et une partie de carbonate de potasse dans huit d'eau; le vin est mêlé avec volume égal de la solution d'alun qui rend sa couleur plus brillante; puis on y verse peu à peu la solution alcaline, en ayant soin de ne pas précipiter toute l'alumine. L'alumine se précipite alors avec la matière colorante du vin, sous la forme d'une laque, dont les nuances varient suivant la nature de la matière colorante, et qui prend, sous l'influence d'un excès de potasse, une autre teinte qui varie également en raison de la nature du principe colorant combiné avec l'alumine. Afin d'obtenir des résultats exacts, il est né-

cessaire de faire des expériences comparatives avec des vins purs.

On sait, du reste, que certaines additions exaltent singulièrement la couleur des vins. Dans plusieurs localités, où les vins faibles achèveraient trop rapidement leur fermentation et surtout pour les vins blancs, toujours plus altérables que les vins rouges, on emploie du plâtre qui ralentit la fermentation. On en agit de même, lorsque pour obtenir une plus forte coloration, il faut laisser longtemps cuver sur les pellicules. Dans le Roussillon, par exemple, on ajoute quelquefois du plâtre à la cuvée, dans cette intention. On se procure ainsi des vins, dits de couleur, propres au mélange avec des vins de nuance trop pâle. Les anciens en usaient ainsi pour le vin de l'île de Crète.

3679. La présence ou l'absence du tannin dans les vins détermine des phénomènes très dignes d'intérêt.

Le raisin, contient une petite portion d'albumine qui se retrouve dans le moût et même en partie dans le vin. C'est de l'albumine végétale qui, comme on sait, a de grands rapports avec le caséum.

M. François a cherché à démontrer que les vins blancs renferment la partie soluble du gluten, celle qu'on avait désignée sous le nom de glaïadine.

Or, comme le tannin précipite la matière albuminoïde, il est évident que les vins qui renferment l'un de ces corps ne contiennent pas l'autre. La présence du tannin exclut donc celle du ferment, auquel l'albumine ou la glaïadine peuvent donner naissance.

On trouve souvent l'acide acétique dans les vins des pays du nord, et dans les vins altérés; il s'y est formé aux dépens de l'alcool. Presque tous les vins, cependant, possèdent une réaction acide : dans le vin de Champagne, elle est due en partie à la présence du gaz acide carbonique; mais dans les autres, on doit l'attribuer au bitar-

trate de potasse. L'effervescence qu'on observe en ajoutant du carbonate de potasse au vin, et le précipité qui en est la suite, résultent de la saturation de cet acide tartrique, et de la décomposition d'une partie du tartrate de chaux que le vin contient généralement.

On a souvent prétendu que le vin contenait de l'acide malique, et Chaptal dit qu'il se forme du malate de chaux, en ajoutant de l'eau de chaux au vin. Cette opinion a été adoptée par M. Brande; mais la présence de cet acide paraît plus que douteuse, lorsqu'on voit ce précipité insoluble résulter aussi bien de l'addition de l'ammoniaque ou de la potasse, que de celle de la chaux. Les malates de ces alcalis étant très solubles, on peut attribuer le précipité qui se forme dans toutes ces circonstances, à la saturation de l'excès d'acide tartrique contenu dans le bitartrate de potasse, d'où il résulte que le tartrate insoluble de chaux, qui se trouve ordinairement associé à ce corps, devient libre et se précipite.

Parmi les substances solubles, le bitartrate de potasse est une des plus abondantes qui se trouvent dans le vin; le tartrate de chaux l'accompagne ordinairement. C'est très probablement à la présence de ces sels qu'on doit les précipités épais qui se forment, quand on ajoute au vin soit de l'acétate de plomb, soit des nitrates d'étain, de mercure ou d'argent.

Suivant M. Berzélius, le tartrate d'alumine et de potasse se trouve spécialement dans les vins d'Allemagne.

La présence de l'acide sulfurique dans les vins est bien prouvée par le précipité épais qui résulte de l'addition des sels de baryte, et qui ne se redissout pas dans l'acide chlorhydrique.

Il existe nécessairement, en tenant compte de ces divers éléments, un très grand nombre de variétés de vins qui diffèrent entr'elles par la couleur, le bouquet ou parfum, la saveur et la consistance.

3680. Les vins sont en général blancs ou rouges, suivant qu'ils proviennent de raisins blancs ou noirs, suivant encore qu'ils ont cuvé plus ou moins longtemps sur la pellicule, ou bien enfin qu'ils ont été extraits sans cuvage. Mais l'intensité de leur couleur varie beaucoup ; les uns sont rosés, pelure d'ognon; d'autres, d'un rouge vif; quelques uns, nommés *teinturiers*, sont même d'un rouge violet foncé, et sont employés aujourd'hui, en grande partie, pour colorer des mélanges de vins rouges et blancs. Paris est, sans contredit, le lieu où se fait la plus grande consommation de ces derniers vins.

Les vins sont liquoreux ou secs. Les vins *liquoreux* et doux sont ceux dans lesquels le sucre n'a pas été décomposé complètement; ils sont plus ou moins spiritueux; les vins de Frontignan, Lunel, Rivesalte, Condrieux, sont dans ce cas; ils ont en outre en général une saveur particulière due aux raisins dont ils proviennent, et qui sont de la classe des raisins muscats; le sucre leur donne une consistance que n'ont pas les autres vins.

*Les vins secs* sont ceux dans lesquels tout le sucre a disparu. Cette classe, qu'on a divisée en vins secs proprement dits, et en vins moelleux, comprend plusieurs variétés de liquides, depuis les vins fins ou de choix, jusqu'aux vins les plus communs.

*Les vins mousseux* sont ordinairement blancs, leur fermentation a été incomplète et ils ont retenu en dissolution de l'acide carbonique. En se dégageant, celui-ci donne naissance à une mousse blanche qui s'élève sur le vin en produisant une effervescence que la viscosité du liquide rend lente à se dissiper.

Les qualités du raisin, et par conséquent celles des vins, dépendent de plusieurs circonstances dont il est important de tenir compte, telles que la nature du sol et du sous-sol, le climat, l'exposition, le mode de culture, la variété ou espèce de cépage, et la marche des saisons aux époques

qui ont la plus grande influence sur la maturité du fruit.

Tout le monde sait que l'abus des fumiers a détruit la qualité des vins des environs de Paris, en augmentant le rendement des vignes. On a remarqué dans le midi que les vignes qui croissent sur des terrains volcaniques sont les plus propres à fournir des vins qui imitent les vins de Madère; il suffit de les laisser vieillir; ils prennent d'eux-mêmes les qualités qu'on recherche. Le voisinage d'une usine qui brûle de la houille et qui la brûle mal, suffit pour *empoisonner* les vignes, et pour donner aux vins une odeur et une saveur de goudron.

3681. La fabrication du vin proprement dit, comprend quatre opérations dictinctes; nous parlons ici du vin rouge qui est le plus généralement connu en France, plus loin nous indiquerons les modifications qu'il faut apporter dans la fabrication du vin blanc, celle du Champagne, du Malaga, etc.

La fabrication du vin rouge comprend les quatre opérations suivantes :

1° Récolte de la matière première ou vendange ;

2° Foulage ou expression du jus;

3° Fermentation du moût;

4° Décuvage, pressurage, etc.

La vendange se fait ordinairement à la fin du mois de septembre et au plus tard dans la première quinzaine du mois suivant. Pour cette opération, on doit, autant que possible, choisir un temps sec, surtout dans les crûs où le moût est ordinairement faible, et où par conséquent on a intérêt à ne pas abaisser encore son degré. Il faut en outre, si l'on veut obtenir un vin de première qualité, s'assurer de la maturité des raisins, éviter de les meurtrir dans les moyens employés pour les cueillir, et pour les transporter de la vigne à l'atelier de fabrication, etc.

En un mot, le but qu'on doit se proposer dans la ven-

dange, est de faire arriver dans l'atelier un produit dont la maturité soit aussi parfaite et aussi uniforme que possible, et qui n'ait point subi ou que très peu d'altération. Il est donc généralement utile de faire un triage soigné des produits de la vendange.

Aussitôt que le raisin est arrivé au lieu où il doit être traité, il est nécessaire de le mettre dans des conditions telles qu'une fermentation puisse s'établir uniformément dans toutes ses parties, du moins, quand on veut obtenir du vin rouge. Le foulage est destiné à atteindre ce but; il se fait généralement encore par des hommes qui trépignent le raisin avec leurs pieds dans des cuves, et il se répète plusieurs fois, d'abord au fur et à mesure que la cuve s'emplit, et ensuite lorsque la macération et un premier mouvement de fermentation ont affaibli la consistance de la peau et du tissu intérieur du raisin. Il serait avantageux d'écraser le raisin successivement et plus uniformément à l'aide d'un procédé mécanique; on forcerait ainsi toutes les parties du jus à sortir à la fois, et à réagir plus également et plus longtemps sur la matière colorante adhérente à la pellicule.

Un écueil à éviter dans l'écrasage mécanique serait le broyage des rafles et des pepins, broyage qui, tout en étant avantageux pour des moûts trop fades et sucrés, est le plus souvent nuisible, en ce qu'il donne au liquide une saveur trop acerbe, et quelquefois une proportion trop forte de tannin.

On évite ce grave inconvénient, dans quelques vignobles, en faisant passer les raisins entre deux cylindres unis ou cannelés, mais, dans tous les cas, assez peu rapprochés, pour que les grains seuls soient rompus, sans que les rafles et les pépins soient sensiblement attaqués.

On obtient également de bons résultats, en revêtant les deux cylindres avec un treillis en fil de fer à larges mailles; les aspérités du fil suffisent pour engager les grappes et

rompre les grains sans que le rapprochement soit tel que les pépins et les rafles s'écrasent.

Dans plusieurs vignobles, on obtient également un écrasage assez parfait en piétinant les raisins sur un treillis en bois, placé au dessus d'une cuve; le jus en s'écoulant au fur et à mesure de sa production, laisse au foulage le moyen d'atteindre la plupart des grappes qui échapperaient dans le procédé grossier habituellement employé.

Une méthode plus expéditive encore et qui convient à de grandes exploitations, consiste à écraser le raisin dans un grand fouloir en maçonnerie; c'est une sorte de cellier dont le sol exhaussé de 1 mètre est recouvert de dalles bien cimentées en pente et contrepente. Une porte cintrée à chaque bout facilite l'accès des charges de raisin, qui, sur voitures ou à dos d'hommes ou d'animaux, se trouvent à peu près au niveau du dallage. Le raisin versé sur ce sol est étendu, trépigné; le jus coule dans un cuvier, qui occupe une pièce contiguë au fouloir où se trouvent les cuves à fermentation. A l'aide de pompes ou de seaux et de conduits en bois, on puise dans ce cuvier, pour remplir successivement chaque cuve, et l'on y répartit, à volonté, le marc foulé que l'on pousse à la pelle vers une porte où des mannes le reçoivent.

Avant d'opérer le foulage, par les différents moyens que nous venons d'indiquer, on procède quelquefois à une première opération, l'égrappage; ce procédé étant employé dans plusieurs départements de France, nous en dirons quelques mots, en indiquant dans quelles circonstances il peut être utile.

L'égrappage a pour objet de séparer les grains de raisin de la *rafle*; cette opération qui exige une main d'œuvre assez considérable, ne pourrait être employée dans toutes les circonstances. En effet, on a observé que la rafle active la fermentation, qu'elle renferme un principe acerbe, astringent, qui contribue à la conservation des vins peu

alcooliques. Les moûts trop sucrés ne pourraient se passer non plus de rafles; sans elles, la fermentation serait beaucoup trop lente et le goût du vin trop fade.

Les propriétaires ne sont pas d'accord sur l'utilité de l'égrappage. Quoi qu'il en soit, il est probable qu'il est certaines circonstances qui exigent pour la bonne qualité des vins, que le moût soit mis en contact avec une plus ou moins grande quantité de rafles; mais ces circonstances, la pratique seule peut les déterminer. En tout cas, l'égrappage paraît évidemment nécessaire lorsque beaucoup de fruits avortés ont laissé les rafles en grand excès.

L'égrappage se fait ordinairement au moyen d'une fourche à trois dents que l'on agite dans un cuvier contenant les grappes; la séparation étant faite, on enlève la grappe à la main. On emploie encore un crible en fer ou en osier dont les mailles ont de neuf à quatorze millimètres; il est placé au dessus d'une cuve, sur lequel l'ouvrier agite avec les mains les raisins que l'on y dépose; les grains traversent les mailles du crible, la grappe dépouillée reste sur ce dernier. Un bon ouvrier peut, au moyen de ce procédé, égrapper seize à dix-huit hectolitres de raisins par jour.

On conçoit qu'on pourrait éviter la main-d'œuvre considérable qu'exige l'égrappage, en employant une machine produisant le même effet. C'est ce qu'on a essayé de faire en Allemagne et en France, et il paraît qu'on a assez bien réussi à l'aide d'un cylindre armé de pointes qui entraînent les rafles et isolent les grains.

3682. Le raisin étant foulé par un des procédés que nous avons indiqué, on procède au partage du moût dans les cuves où doit s'opérer la première fermentation, celle dite tumultueuse. Les cuves que l'on emploie, à cet effet, doivent être placées dans un cellier clos afin de régulariser la fermentation, quelles que puissent être les variations de température.

On a remarqué, en effet, que dans les halles ouvertes et lorsque la superficie du liquide est tout entière au contact de l'air atmosphérique, les progrès de la fermentation sont très variables; par un temps chaud, et lorsque le moût possède une densité de 108 à 109 degrés, la fermentation se termine en vingt-quatre ou trente-six heures; tandis que par un temps froid, elle est ralentie au point de durer de huit à dix jours. Dans ce dernier cas, le vin s'altère et devient trop acide; circonstances nuisibles, surtout dans le cas des vins faibles.

Il est deux méthodes générales d'opérer la fermentation; d'après l'une, la plus ancienne, on fait fermenter la vendange au libre contact de l'air atmosphérique, tandis que par la seconde, on interdit plus ou moins complètement l'accès de l'air.

Les propriétaires qui suivent la première méthode, après avoir foulé le raisin, emplissent les cuves, et laissent vide la dixième ou la douzième partie de leur capacité. On laisse alors le moût en repos, jusqu'à ce que la fermentation commence. A cet instant et pendant toute la durée de la fermentation tumultueuse, on renouvelle le foulage de douze heures en douze heures, pendant trois ou quatre jours; on laisse alors la vendange tranquille, jusqu'au moment du décuvage.

Quand on suit le nouveau mode de fermentation, on remplit la cuve aux huit dixièmes, puis on ferme aussitôt exactement la cuve avec un couvercle et on lute tous les joints avec de l'argile ou du plâtre. Un tube en ferblanc, adapté au couvercle, donne issue à l'acide carbonique qu'on dirige hors du cellier.

Dans plusieurs localités, on suit des moyens intermédiaires aux deux précédents Ainsi, en Bourgogne, où depuis des siècles on fait d'excellents vins, lorsque la cuve est suffisamment pleine, on place sur la vendange un couvercle en bois qui entre dans la cuve, laissant libre un es-

pace annulaire d'environ 5 centimètres, qui permet à ce couvercle de suivre les mouvements de la masse en fermentation, et en même temps laisse une large issue au gaz acide carbonique. On parvient, de cette manière, à éviter l'action nuisible de l'air sur une grande partie de la surface des pellicules ou rafles imprégnées de vin.

Les cuves sont ordinairement en bois, de forme conique ou carrée; on en construit aussi en maçonnerie; leur contenance varie de 50 hectolitres à 60 et 80 hectolitres; quand elles sont en bois, elles doivent avoir, pour plus de solidité, la forme d'un cône tronqué, c'est à dire qu'elles doivent être plus larges à la base qu'à leur sommet. Celles qui servent à la fermentation à l'air libre sont ouvertes à la partie supérieure et n'ont rien de particulier; celles, au contraire, qui sont employées à la fermentation, à l'abri de l'air, présentent quelques particularités que nous devons signaler.

Ces dernières sont fermées à leur partie supérieure par un fond en bois dans lequel est ménagé un orifice de 50 centimètres de diamètre, qui sert à l'introduction de la vendange et à la vidange du marc. Un couvercle mobile ferme cette ouverture; il est solidement maintenu au moyen d'un levier et d'un poids qui le presse contre les rebords de l'orifice.

Un tuyau adapté sur le couvercle sert d'issue à l'acide carbonique formé par la fermentation; et ce gaz, avant de s'échapper dans l'atmosphère, est obligé de barboter dans une cuvette remplie d'eau. Le contact de la partie supérieure de la vendange avec l'air libre est donc complètement empêché par cette disposition. Dans quelques vignobles, on remplace ce tube plongeur par une bonde hydraulique qui produit le même effet, celui de permettre à l'acide carbonique de s'échapper sans laisser rentrer l'air dans la cuve de fermentation.

Une disposition utile à employer dans les cuves fer-

mées, consiste en un long tube en ferblanc plongeant jusqu'à moitié de la hauteur du liquide contenu dans la cuve, et venant s'ouvrir au-dessus du couvercle. Ce tube sert à introduire un thermomètre destiné à indiquer les variations de température qui ont lieu pendant les diverses périodes de la cuvaison, ou à recevoir une pipette pour se procurer des échantillons du vin, examiner ses qualités, la marche de la fermentation, et déterminer l'instant du décuvage. Comme le tube plonge dans la vendange, toutes ces observations peuvent se faire sans que la rentrée de l'air soit à craindre.

Une cuve employée dans quelques localités, et qui paraît donner de très bons résultats, présente à une certaine hauteur au-dessous du niveau que prend le moût, un faux couvercle percé de trous qui retient la rafle entièrement plongée dans le liquide. Cette méthode a plusieurs avantages. D'abord, elle rend plus immédiat le contact des parties solides, *du chapeau*, avec les parties liquides, et par conséquent elle détermine une fermentation plus régulière; ensuite, le vin prend, par la même raison, plus de couleur; enfin, les rafles ne paraissant pas à la surface du liquide, ne présentent plus à l'acidification autant de chances que lorsqu'elles surnagent, et qu'elles offrent ainsi le vin sous une surface très étendue à l'action oxydante de l'air.

Les cuves en maçonnerie ne doivent pas être employées pour la fermentation des vins fins; elles leur communiqueraient un goût qui diminuerait leur arôme; mais, en revanche, elles sont excellentes pour les vins de qualité inférieure, et surtout pour ceux qui sont destinés à la fabrication de l'eau-de-vie. Les meilleurs matériaux que l'on puisse employer pour la confection de ces cuves sont : 1° la pierre meulière reliée par de la chaux hydraulique, et revêtue d'un bon ciment; 2° la brique bien cuite et le béton. La partie supérieure peut être fermée par un couvercle

en bois pourvu d'un trou d'homme, fermé solidement pendant la marche de la fermentation, ou bien encore par une voûte en maçonnerie, au sommet de laquelle on a ménagé une ouverture de 60 à 70 centimètres que l'on peut fermer à volonté.

Ces citernes en maçonnerie peuvent avoir de $2^m$, 50 à $2^m$, 80 de diamètre sur une hauteur d'à peu près $2^m$; l'épaisseur des parois est ordinairement de 0,66 centimètres.

Il existe encore plusieurs dispositions de cuves; mais il serait trop long de les énumérer ici, et d'ailleurs elles tendent à remplir toutes, plus ou moins bien, le but atteint par celles que nous avons déjà indiquées.

Dans les cuves ouvertes, si l'atmosphère est sèche et chaude, le chapeau se dessèche, l'air le pénètre, il se forme une grande quantité d'acide acétique, et lorsqu'on le plonge dans le liquide, il communique au vin une disposition à passer à l'aigre.

Si l'air est humide et froid, la partie supérieure du chapeau est imbibée d'eau, qui détrempe la grappe, et il se développe une fermentation acide et putride et un commencement de moisissure. Dans cet état, le chapeau immergé dans le vin ne peut que produire de mauvais effets. D'un autre côté, si la température est douce et peu variable, la fermentation plus tumultueuse, marche plus rapidement au libre contact de l'air extérieur. Les vins qu'on obtient alors ont plus de couleur, de bouquet et de corps; malheureusement, ces dernières circonstances se présentent assez rarement.

Les *cuves couvertes* remédient, nous l'avons dit, à la plupart des inconvénients des cuves non couvertes. Voici, au reste, les avantages qu'elles réunissent :

1° La température intérieure est conservée, et le moût, avant de passer à la fermentation alcoolique, se mûrit; la vendange verte éprouve une maturité analogue à celle

qu'elle aurait reçue sur le cep, si la saison eût été favorable;

2° L'air n'ayant pas d'accès, son influence défavorable, s'il est humide et froid, est nulle; le chapeau n'éprouve aucune réaction acide ou putride;

3° Dans la cuve couverte, on peut, au besoin, laisser plus longtemps le vin en contact avec le marc, sans qu'il en résulte d'autre inconvénient que celui de la dissolution des principes de la grappe.

3683. Quel que soit le moyen employé pour opérer la fermentation du moût, il faut aussitôt que cette opération est terminée, soutirer au clair le liquide et le distribuer dans les vases qui doivent le conserver. Les œnologues ne sont pas d'accord sur le moment que l'on doit choisir pour opérer le décuvage; on ne peut donner à cet égard aucun précepte absolu et applicable dans tous les pays. Lorsqu'on destine le vin à l'alambic, c'est à dire à la fabrication de l'eau de vie, on ne doit tirer la cuve que lorsque le sucre est entièrement converti en alcool; mais lorsqu'on recherche de la finesse, une couleur belle mais peu foncée, on se guide sur ces caractères, et il y aurait plus de danger à décuver trop tard qu'à soutirer trop tôt.

Les signes qui seuls pourraient aider à reconnaître le moment le plus opportun pour soutirer la cuve, sont : 1° et surtout, la cessation de l'activité de la fermentation tumultueuse et la diminution de densité du moût qui descend jusqu'à 0° et même au dessous; 2° la saveur qui de douce et sucrée passe à un goût piquant, chaud ou vineux; 3° l'odeur qui est ce qu'on nomme fragrante; 4° la couleur, car le vin acquiert une teinte rouge plus ou moins foncée, communiquée par la matière colorante de la pellicule des raisins noirs. Tous ces signes sont équivoques; le moins sujet à erreur est celui que l'on déduit de la distillation, qui indique le moment précis où il ne se forme plus d'alcool.

Assez ordinairement le soutirage se pratique en enfonçant une manne, en osier peu serré, dans la cuve, et puisant le liquide qui y afflue pour le verser dans des tonneaux munis d'un large entonnoir; mais ce procédé est mauvais, il expose trop le vin à l'action acidifiante de l'air atmosphérique; il vaut mieux adapter une grosse cannelle près du fond de la cuve et diriger, à l'aide d'un tuyau, le liquide soutiré dans des tonneaux rangés de manière à ce que leur bonde se trouve de quelques centimètres au dessous du niveau de la cannelle:

Lorsque l'on a soutiré tout le vin qui peut ainsi s'écouler spontanément, on porte tout le marc au pressoir dans des paniers, en osier serré imperméable au liquide. Les pressoirs sont destinés à extraire le jus que retiennent encore les rafles. Il existe plusieurs sortes de pressoirs qui atteignent plus ou moins bien ce but, nous en avons déjà parlé en traitant de la fabrication du cidre, et du sucre de betteraves, nous n'y reviendrons donc pas. Ordinairement, si le vin qui s'écoule du pressoir n'est pas tourné à l'acide, on le mélange, en le distribuant aussi également que possible, au moût fermenté que l'on extrait de la cuvée; il contient un peu du tannin de la grappe et peut quelquefois être utile pour la conservation du vin.

Lorsque le vin est en tonneaux, on ne doit pas fermer hermétiquement ces derniers, tant que la fermentation n'est pas entièrement terminée; autrefois, on laissait les tonneaux ouverts jusqu'à ce que le vin fût refroidi; c'est un usage vicieux; il est bien préférable d'employer une des bondes hydrauliques si employées aujourd'hui. Ces bondes sont fondées sur le principe des tubes de sûreté en usage dans les appareils de chimie; on leur donne différentes formes, qui rendent leur emploi plus commode et plus facile. Comme on le conçoit bien, ces bondes hydrauliques permettent au gaz de s'échapper, sans laisser rentrer de l'air atmosphérique, à moins que la pression intérieure ne diminue.

3684. Les vins de liqueur sont ceux qui conservent beaucoup de matière sucrée, même après la fermentation alcoolique; par cette raison, ils se gardent très longtemps; ils se préparent de différentes manières. Le plus souvent, on emploie directement le moût extrait des raisins parfaitement mûrs; quelquefois, on ajoute au moût naturel une certaine quantité de sirop préparé avec le moût que l'on a évaporé, de manière à le réduire au quart de son volume primitif. En Espagne, on emploie souvent cette méthode. Quelquefois encore, au lieu d'augmenter la force du vin par l'addition de matière sucrée, on ajoute directement de l'alcool, après la première fermentation. Dans ces deux derniers cas, les vins n'acquièrent leur perfection qu'au bout de plusieurs années. Enfin, dans quelques vignobles, on rend les vins plus liquoreux, en laissant dessécher les raisins sur le cep. Le vin célèbre de Tokai se prépare de cette manière, on laisse une partie des raisins exposés sur le cep à l'action alternative du soleil et de la fraîcheur des nuits d'octobre qui amollit les grains, tandis que la chaleur du jour les dessèche. Lorsque le raisin est d'une belle couleur brune, on le récolte; on en sépare avec un soin minutieux les grains verts et pourris, puis on en extrait le moût qui donne la première qualité de vin, ou l'*essence*. Le marc qui a donné ce premier liquide, humecté de moût ordinaire, puis exprimé, donne une seconde qualité de vin.

Les vins de liqueur les plus renommés sont ceux d'Alicante, de Malaga, de Xerès, de Porto. L'Italie en produit d'excellents; le Lacryma-Christi s'obtient près du Vésuve, et le Malvoisie dans les îles de Lipari; les vins des îles de l'Archipel sont également estimés.

Le vin de liqueur le plus célèbre et le moins connu est celui de Tokai, récolté en Hongrie; il est réservé pour les caves de l'empereur.

Le cap de Bonne-Espérance produit le vin de Constance,

qui est estimé, et plusieurs îles d'Afrique en donnent d'excellents, nous citerons particulièrement celui de Madère.

Il est probable que nos colonies d'Alger produiraient de bons vins de liqueur.

3685. La fabrication du vin blanc diffère à quelques égards, du reste, de celle du vin rouge; la principale différence vient de ce qu'il faut éviter de faire fermenter le moût avec la rafle, surtout si on emploie des raisins noirs, puisqu'on veut obtenir le moins de couleur possible.

Aussitôt que le raisin est arrivé au pressoir, on le foule, puis on porte la vendange sous le pressoir; on la presse, en ayant soin de renouveler à trois ou quatre reprises, les surfaces, jusqu'à ce qu'il ne sorte plus de jus. On entonne alors immédiatement. La fermentation tumultueuse a donc lieu dans les tonneaux et on laisse le vin sur la lie, jusqu'au premier soutirage.

3686. Au premier abord, il semble qu'on se soit formé une idée très juste du vin de Champagne et en général des vins mousseux, quand on les a définis des vins blancs, contenant du sucre non altéré et chargés d'acide carbonique sous une pression de cinq à six atmosphères. Mais, à la pratique, on ne tarde pas à s'apercevoir que cette définition est insuffisante.

En effet, si on prend du vin blanc, et si après l'avoir clarifié, on y comprime de l'acide carbonique dans un appareil analogue à celui qui sert à produire l'eau de Seltz, le vin se trouble bientôt, devient presque laiteux et ne s'éclaircit jamais d'une manière convenable, même par un repos très prolongé. A-t-on opéré, par hasard, sur un vin qui puisse supporter la présence de l'acide carbonique sans se troubler, on obtient, il est vrai, un vin limpide et mousseux; mais le consommateur ne s'y trompe guère : une expérience en grand l'a démontré.

D'où provient ce trouble excité par l'acide carbonique

dans certains vins blancs? Les expériences de M. François nous ont fait voir que c'est du gluten proprement dit qu'il procède, ou plus exactement de cette partie du gluten brut que Taddei avait nommée glaïadine et à laquelle je laisserai ce nom.

La glaïadine se dissout dans l'alcool et dans le vin; elle se dissout parfaitement dans l'acide tartrique.

Elle est précipitée par l'acide carbonique de sa dissolution dans l'alcool ou dans le vin.

Elle est précipitée par le carbonate de potasse de sa dissolution dans l'acide tartrique.

Le tannin la précipite de ces deux dissolutions.

Enfin, nous avons déjà vu que la glaïadine est l'agent de la fermentation visqueuse.

Il résulte de ces faits qu'on peut prévenir au moyen du tannin le trouble qu'occasionne l'acide carbonique dans les vins destinés à devenir mousseux; qu'on obtient, à l'aide du même agent, des vins qui ne deviennent jamais gras ni même pesants; qu'enfin, on peut corriger par une addition de tannin semblable, les vins devenus déjà gras et pesants.

M. François fait usage du tannin à la dose d'un gramme au plus ou de demi-gramme par litre. Il ajoute ensuite une liqueur renfermant quatre grammes de colle de poisson pour 300 litres de vin. Au bout d'un mois, on fait un second collage analogue.

En général, il faut, après l'addition du tannin, lui laisser le temps d'agir sur la glaïadine. Le premier collage favorise la réunion du précipité et empêche son adhérence aux vases. Le second, a pour objet la précipitation de l'excès de tannin qui pourrait donner un goût au vin.

Ainsi, les vins blancs peuvent être préservés de la graisse ou guéris de cette altération au moyen du tannin. Il est facile de voir que puisqu'elle est due à la fermentation visqueuse, elle suppose dans le vin la présence du su-

cre en excès, en même temps que celle de la glaïadine.

En même temps que le vin se débarrasse de la glaïadine, il perd la propriété de se troubler sous l'influence de l'acide carbonique. En conséquence, il faut considérer l'emploi du tannin, comme un moyen assuré de se procurer des vins mousseux transparents.

Certains d'obtenir des vins analogues de tout point aux vins de Champagne, ses imitateurs assurent que ce vin est fabriqué absolument de la même manière que la sauce d'un cuisinier habile; que le fabricant, dégustateur expérimenté, y ajoute du sucre, de l'alcool, y développe de l'acide carbonique, tantôt plus, tantôt moins; qu'il modifie ainsi et perfectionne sans cesse son vin; qu'enfin, il le colore artificiellement au besoin au moyen du tournesol. Rien de moins naturel que le vin de Champagne, disent-ils; c'est un vin fabriqué.

Mais pour que la fabrication ait tout son succès, convenons-en, il faut prendre pour base le vin que la Champagne produit et dont jusqu'ici la saveur et le bouquet ne se retrouvent dans aucune de ses nombreuses imitations.

Tant qu'on a cru que la propriété de *mousser* était une qualité particulière aux vins de Champagne, ces imitations n'ont pas été essayées; mais depuis qu'on sait que la mousse est produite par un dégagement subit et considérable de gaz acide carbonique qui était comprimé et dissous dans le vin, toutes les localités produisant des vins blancs de bonne qualité, ont du chercher à obtenir des vins mousseux, en renfermant le liquide dans les bouteilles, avant qu'il eût perdu tout le gaz acide carbonique, qui se développe pendant la fermentation.

On a essayé avec quelque succès, dans plusieurs de nos départements et notamment en Bourgogne et en Touraine, d'y préparer des vins mousseux, mais il faut le reconnaître, le Champagne généralement plus léger et d'un goût plus fin soutient la concurrence avec la supériorité que peu-

vent lui donner un sol, des plants et une culture convenables, des ouvriers exercés et habiles, enfin une pratique certaine et éclairée par une longue expérience.

3687. En Champagne, on emploie généralement les raisins noirs, cultivés dans les meilleures expositions, les plus sains et les plus murs; rejetant tous ceux qui seraient gâtés, verts ou pourris. Dès qu'ils ont été cueillis, les raisins sont soumis à l'action du pressoir, et dès que l'écoulement cesse d'être abondant, on recoupe le marc autour de la plateforme sur laquelle on place les parties ainsi taillées, et on donne une seconde pression. Par cette marche rapide, on prévient la dissolution de la matière colorante de l'enveloppe des grains.

C'est avec le marc resté sur le pressoir, presqu'à demi épuisé, pressé de nouveau à la manière ordinaire, et qui fournit un moût coloré d'une légère teinte rouge, qu'on fabrique un vin mousseux ayant cette nuance, et connu sous le nom de *vin rosé*. Mais comme ce vin rosé est réclamé plus abondamment qu'on ne l'obtiendrait de la sorte, on fait usage de matières colorantes végétales, comme le tournesol, pour donner au vin ordinaire cette teinte rosée maintenant recherchée de quelques pays consommateurs.

Le moût provenant des premières pressions est incolore; on le met dans des cuves dans lesquelles il doit rester vingt-quatre à trente heures, afin qu'il y dépose la majeure partie des matières terreuses, et un peu du ferment dont il est chargé; alors, on le décante avec précaution et on le verse dans des tonneaux bien propres, neufs ou n'ayant servi que pour du vin blanc. On a soin de remplir entièrement le tonneau, afin que le vin, en bouillant, rejette au dehors une nouvelle quantité de ferment et les impuretés qu'il contient. Les tonneaux doivent être placés dans une cave ou dans un cellier frais, afin que la fermentation ne soit pas trop active : il faut ouiller, c'est à dire remplir le tonneau avec le même vin trois ou

quatre fois par jour, pendant tout le temps que dure la fermentation tumultueuse. Lorsqu'on met le vin en tonneau, il convient d'y ajouter un litre d'eau-de-vie de Cognac de première qualité, par cent litres de moût. Cette addition d'eau-de-vie a pour effet d'augmenter la spirituosité du vin, de donner le bouquet et de modérer la fermentation, but auquel tendent tous les efforts des fabricants de vin de Champagne.

Aussitôt que la fermentation tumultueuse cesse de se manifester, on remplit le tonneau et on bondonne comme à l'ordinaire.

Du 20 au 30 décembre, par un temps clair et sec, on soutire le vin et on le transvase dans des futailles propres et soufrées, puis on colle à la colle de poisson, à la dose d'environ une demi-once pour deux cents bouteilles. On laisse le vin se reposer ainsi pendant un mois environ, après quoi on le soutire de nouveau avec les mêmes précautions que la première fois.

A la fin de février, on procède à un second collage avec la colle de poisson, et on laisse reposer jusqu'aux premiers jours d'avril, époque à laquelle on soutire à clair dans les bouteilles, en ayant soin d'ajouter, soit dans chacune d'elles, soit préalablement dans la futaille, une quantité de *liqueur* équivalant à environ trois centièmes du volume du vin. La *liqueur* est un sirop que l'on prépare en faisant dissoudre du sucre candi dans son poids de vin blanc limpide.

C'est dans la bouteille que la fermentation se continuant, l'acide carbonique va se produire et se condenser. De là, des pressions auxquelles le vase doit résister.

Autrefois la casse des bouteilles s'élevait ordinairement de 15 à 25 p. 100 et quelquefois au delà; mais depuis quelques années, les verriers, grace aux efforts de la société d'encouragement, ont introduit dans leur fabrication de tels perfectionnements qu'ils peuvent livrer maintenant

des bouteilles dont la casse ne s'élève guère en moyenne à plus de 10 p. 100.

Le vin, après avoir séjourné huit à dix mois dans les bouteilles, y forme un dépôt qui altère la transparence et la limpidité de la liqueur, et qu'il est indispensable d'enlever : c'est ce qu'on appelle en Champagne faire *dégorger* le vin. Pour cela, on enlève, l'une après l'autre, chaque bouteille du tas, et la tenant de la main droite, par le col, à la hauteur de l'œil, le bouchon tourné en bas, on lui imprime pendant une demi minute un léger mouvement de tournoiement, qui détache le dépôt formé dans le flanc de la bouteille, et qui le fait descendre lentement et sans secousse vers le goulot, sans troubler le vin. Le dépôt étant détaché et amené vers le goulot de la bouteille, on place celle-ci le bouchon tourné en bas, sur une planche percée, où elle reste pendant quinze à vingt jours.

Lorsqu'on s'est assuré que tout le dépôt s'est fixé sur les bouchons et que la limpidité du vin n'est plus altérée, on peut procéder au *dégorgement*. A cet effet, on enlève avec précaution la première bouteille, le goulot en bas, on examine le vin pour s'assurer s'il est bien clair, auquel cas on brise et on détache le fil de fer qui retient le bouchon. Une petite quantité de vin, ainsi que le dépôt, sont lancés vivement hors de la bouteille et tombent dans un petit cuvier. On remplit le vide avec du vin bien clair, ou avec une nouvelle quantité de liqueur au besoin. On bouche de nouveau la bouteille avec un bouchon neuf, maintenu par une petite ficelle de chanvre, et par une seconde ligature fortement serrée avec du fil de fer recuit. On goudronne ensuite le bouchon, et l'on remet les bouteilles en tas avec les précautions indiquées plus haut. Le vin, ainsi préparé, peut être consommé cinq ou six mois après le *dégorgement*.

Il est presque inutile d'ajouter quelque chose à cette description. On voit, en effet, bien clairement, que le vin

de Champagne renfermait encore du ferment, qu'on y ajoute du sucre pour développer l'acide carbonique et, qu'à mesure que celui-ci se forme, le ferment se dépose et rend le dégorgeage nécessaire. Si ce ferment est accompagné de glaïadine et s'il reste du sucre en excès, ce qui est presque toujours le cas, il peut survenir la fermentation visqueuse.

Si la température demeure trop basse dans les caves, la fermentation ne s'établit pas, on est donc forcé de sortir les bouteilles et de les exposer à l'air, en les rangeant sur des pupitres, elles s'échauffent, peu à peu, et la fermentation se détermine.

Mais, si celle-ci vient à s'exciter trop vivement, la température ayant été trop élevée, on en est bientôt averti par les explosions répétées qui détruisent des quantités quelquefois très considérables de produit.

3688. Les vins peuvent contracter plusieurs *maladies*, que l'on désigne vulgairement sous les noms : de *pousse*, de *graisse des vins*, *passage à l'acide*, *vin passé à l'amer*, *goût de fût*.

La pousse est une fermentation tumultueuse qui se produit quelquefois, lorsque le vin vient d'être mis en tonneau. Cette seconde fermentation aurait pour résultat de détruire tout le sucre que contiennent encore les vins et de les faire passer à l'amer. Il est donc important d'en arrêter subitement les progrès, et on y parvient en transvasant le vin dans une barrique dans laquelle on a fait préalablement brûler une mèche soufrée. Le sulfate de chaux ajouté au vin produit le même effet. La graine de moutarde est également employée dans ces circonstances.

La pousse peut occasionner des accidents, si les tonneaux ne sont pas munis d'appareils de sûreté, bondes hydrauliques, etc. ; les gaz dégagés par la fermentation peuvent exercer sur les parois des vases une pression assez grande pour les faire éclater.

Les vins pauvres en tannin ont la propriété de devenir

quelquefois visqueux et filants comme un liquide huileux; cette propriété est due à l'altération du sucre par la glaïadine qui existe au sein du liquide; le meilleur moyen de combattre cette maladie est de précipiter la matière azotée au moyen du tannin; il faut nécessairement éviter toutes les substances qui pourraient laisser au vin un goût étranger, telles que le tan, la noix de galle, etc. M. François, pharmacien de Nantes, qui s'est occupé de cette question avec succès, a trouvé que les fruits du sorbier mûrs donnaient de bons résultats; on emploie un demi-kilo de sorbes écrasées par barriques de vin.

Quand les vins renferment un excès d'acide, ils peuvent être corrigés par une addition de tartrate neutre de potasse. Ce sel s'empare de l'acide libre et produit du bitartrate de potasse qui se dépose. Ce procédé, qui n'offre aucun inconvénient, a été appliqué en grand avec un plein succès.

Les vins passés à l'amer sont ceux qui ne contiennent plus de matière sucrée; les vins en vieillissant finissent toujours par devenir amers. Pour arrêter cette maladie, il suffit de mélanger des vins avec un volume égal de vin du même crû, mais plus nouveau et contenant encore beaucoup de matière sucrée.

Le goût de fût, provenant d'une huile essentielle qui se produit par suite du développement d'une moisissure sur les parois des tonneaux, se détruit difficilement; on parvient cependant à le diminuer en fouettant dans le vin de l'huile d'olive qui entraîne l'huile essentielle. Le goût de fût dépend très souvent aussi de l'emploi dans la confection du tonneau d'un bois imprégné de l'huile des fourmis par le voisinage d'une fourmilière. En tout cas, dès que ce goût se manifeste, il faut changer le vin de tonneau.

On désigne sous le nom de vins tournés ou piqués, ceux dans lesquels se produisent spontanément des mucors blanchâtres qui nagent à la surface du liquide. Leur pré-

sence entraîne une altération très rapide du vin, surtout lorsque celui-ci est en tonneaux. M. Bézu a proposé de refroidir les tonneaux, soit en les arrosant, soit en introduisant de la glace dans chacun d'eux. Ce moyen paraît propre à réussir, car ce n'est que par des saisons très chaudes que ce champignon se développe.

### DE LA FABRICATION DES EAUX DE VIE.

3689. Toutes les liqueurs ou matières sucrées, fermentées, ou qui, par la fermentation, peuvent donner de l'alcool, sont susceptibles d'être employées pour la fabrication de ce produit. D'après cela, on voit qu'on peut diviser en trois classes bien distinctes les matières premières propres à la fabrication de l'alcool.

Dans la *première classe*, se rangent celles qui renfermant l'*alcool* tout à fait, donnent immédiatement par une simple distillation, tout l'alcool qu'elles peuvent fournir; le vin, la bière, le cidre, et en général toutes les boissons fermentées, analogues, rentrent dans cette première classe.

Dans la *seconde classe*, viennent se placer toutes les substances *sucrées*, solides ou liquides, qui, par une fermentation convenable, donnent de l'alcool; cette classe comprend tous les liquides sucrés que l'on extrait des plantes, des racines et des fruits, tels que les jus de pomme, de poire, de cerise, de framboise, de fraise, etc., de la canne à sucre, de la betterave, etc. Le jus de raisin ou moût, s'il est destiné à fournir de l'eau de vie, rentre aussi dans cette classe. Dans la seconde classe, se rangent aussi les résidus de la fabrication du sucre, les mélasses de cannes qui servent à fabriquer le rhum; les mélasses de betteraves, que leur mauvais goût ne permet pas d'employer à d'autres usages qu'à la fabrication de l'alcool; le sucre de fécule ou glucose, le miel, etc., en un mot, toutes les matières sucrées, qui ne peuvent obtenir une plus grande valeur en les appliquant à d'autres usages.

La *troisième classe* de matières premières comprend toutes les substances qui ne contiennent ni sucre, ni alcool, mais qui peuvent, par une réaction chimique, se transformer successivement en l'un et l'autre de ces corps : ce sont toutes les substances *amylacées*, telles que le froment, le seigle, l'orge, l'avoine, le sarrazin, le riz, le maïs, etc.

La pomme de terre ou la fécule qu'on en extrait et qu'on saccharifie par différents procédés se place dans ce groupe, ainsi que les fruits féculents, tels que ceux du marronnier d'Inde, du châtaignier, du chêne, etc.

3690. Pour obtenir l'alcool des liquides fermentés, il suffit de les placer dans un alambic quelconque et de les chauffer. Rien n'est donc plus simple. Nous verrons plus loin quels sont les meilleurs appareils à employer; ici nous nous contenterons de donner quelques détails sur la distillation du vin, qui est la plus importante en France.

Deux circonstances doivent guider le distillateur dans le choix ou le prix de ses vins. La première et la plus importante est celle qui se rapporte à la richesse alcoolique du vin; la seconde à la qualité du produit que le fabricant peut en recueillir. Plus un vin est riche en alcool, et plus aussi il offrira en général d'avantage au distillateur. Il est facile de s'assurer de la quantité d'alcool que le vin renferme au moyen de l'appareil que M. Gay-Lussac a perfectionné pour cet essai, et qui donne directement, par une distillation en petit, le volume d'alcool anhydre contenu dans une quantité déterminée de vin. Il suffit pour cela de distiller le tiers du vin, de prendre la richesse du produit de la distillation au moyen de l'alcoomètre et de diviser par trois la proportion d'alcool que l'instrumeut accuse.

La valeur du vin, considérée sous le rapport de la qualité des produits obtenus, ne peut pas s'apprécier aussi facilement; elle dépend de plusieurs circonstances tout à fait

indépendantes de la fabrication, et que le goût seul des consommateurs détermine.

Les vins blancs ne donnent pas généralement une quantité d'alcool plus grande que les vins rouges; mais il est de meilleure qualité. Cela tient à ce que le vin blanc n'a pas cuvé sur la pellicule et sur la râfle, et que par conséquent, il contient beaucoup moins de ces huiles essentielles, qui se trouvent au dessous de la pellicule du grain et qui se dissolvent dans le moût à la faveur de l'alcool formé pendant la fermentation.

Les vins qui ont un goût de terroir le communiquent à l'eau de vie qu'on en retire. C'est ainsi que les vins de Selluel en Dauphiné, donnent une eau de vie qui a la saveur et l'odeur d'iris de Florence. Ceux de Saint-Pierre en Vivarais donnent une eau de vie à odeur de violette. On retrouve le goût de pierre à fusil des vins de Côte-Rôtie, celui d'ardoise des vins de la Moselle, celui de succin des vins du Holstein dans leurs eaux de vie respectives.

Kunkel est le premier chimiste qui ait reconnu la présence d'une huile dans les eaux de vie et spécialement dans celles qui proviennent des marcs de vendange et des lies. Pour en constater la présence, il suffit d'étendre l'eau de vie dans six parties d'eau et de distiller avec ménagement. Quand l'alcool est passé, l'eau qui reste offre des gouttelettes oléagineuses libres et visibles.

Geoffroy prétend que l'addition de l'huile d'olives au moût avant la fermentation augmente la vinosité. Ne produirait-elle pas de l'éther œnanthique, en effet? Nous verrons que M. Laurent a converti l'acide oléique en un acide fort analogue à l'acide œnanthique, et nous verrons aussi que l'éther œnanthique se présente dans les eaux de vie de marc et dans celle qu'on retire des lies, en compagnie parfois de l'huile de pommes de terre.

Quoi qu'il en soit, M. Aubergier a constaté que les hui-

les qui donnent un goût désagréable aux eaux de vie proviennent de la pellicule.

Les pépins distillés seuls avec de l'eau ou de l'alcool ont donné un liquide d'une saveur d'amandes très agréable.

La grappe distillée a donné une liqueur légèrement alcoolique, n'ayant ni l'odeur ni la saveur de l'eau de vie de marc.

L'enveloppe des grains de raisin séparée des pépins et de la grappe soumise seule à la fermentation, et distillée ensuite a donné une eau de vie tout à fait semblable à celle de marc.

En rectifiant l'eau de vie de marc, à plusieurs reprises, on obtient de l'alcool presque sans goût et des résidus moins volatils desquels l'eau précipite la matière huileuse. On peut obtenir 20 grammes d'huile de 100 litres d'eau de vie.

Cette huile est un mélange d'éther œnanthique, d'huile de pommes de terre et d'huile grasse. Une seule goutte suffit pour infecter 100 litres de la meilleure eau de vie.

Les eaux de vie d'Andaye et de Cognac doivent leur supériorité à l'absence de ces huiles; en effet, elles proviennent de la distillation du vin blanc qui n'a pas fermenté au contact des pellicules.

M. Aubergier étend ses remarques aux eaux de vie fournies par divers fruits tels que les pommes, les poires, les prunes, les abricots, les pêches; il pense que, dépouillés de leur peau, ces divers fruits donneraient des alcools exempts du goût caractéristique qu'ils conservent. L'eau de vie de grains emprunte aussi son mauvais goût aux enveloppes du grain.

Quelle que soit son origine, un alcool bien rectifié se dépouille de tous ces produits accidentels. En effet, tandis qu'il bout à 78°, ces mêmes produits bouillent tous au dessus de 132° et souvent vers 200.

Il en résulte que si on a intérêt à ménager l'arome ou le

bouquet des eaux de vie, propriété qui est due très probablement à quelque matière huileuse en faible proportion, il importe de ne pas distiller les eaux de vie dans des appareils trop économiques. L'ancien alambic, chauffé à la vapeur, présente alors les circonstances les plus favorables. En somme, il faut, dans des cas pareils, s'écarter peu de la pratique habituelle et n'introduire qu'avec ménagement les procédés qui conviennent à l'extraction des alcools communs.

3691. Nous allons prendre pour exemple du traitement des matières sucrées celui des mélasses provenant de la fabrication du sucre de betterave. Quant aux mélasses résidus du raffinage du sucre des colonies, elles ont, à cause de leur bon goût, une trop grande valeur pour qu'on puisse les appliquer à la fabrication qui nous occupe.

A l'arrivée des mélasses, on les vide dans de grandes citernes parfaitement à l'abri de l'humidité qui pourrait les faire fermenter; elles y restent, jusqu'au moment où elles doivent être traitées.

La fermentation des mélasses présente quelques difficultés; il est nécessaire de les étendre d'une quantité d'eau déterminée, et telle que le liquide qui en résulte ne marque plus que 8° à l'aréomètre de Baumé, à la température de 20°, qui doit être celle du mélange. Cette quantité d'eau n'est pas indifférente; si on en mettait moins, le mélange s'échaufferait trop et passerait rapidement à la fermentation acide; si au contraire on en mettait trop, la température ne s'élèverait pas assez, la fermentation serait peu active, et on finirait par n'obtenir que de très mauvais résultats. On peut cependant, par des tours de main, arriver à mettre une quantité d'eau moins grande que celle que nous avons indiquée, nous verrons plus loin dans quel but et par quels moyens.

Quelquefois la fermentation de la mélasse cesse subitement, sans qu'il soit possible de la rétablir. Ce phé-

nomène est dû à la présence d'un excès de chaux et de potasse que renferment presque toutes les mélasses de sucre de betterave; or, toute réaction alcaline est défavorable à la fermentation. Heureusement, rien de plus facile que de surmonter cette difficulté; il suffit d'ajouter une certaine quantité d'acide sulfurique, jusqu'à saturation complète des alcalis en liberté; on pourrait même mettre un petit excès d'acide, sans nuire au goût des produits, et à la fermentation de la mélasse, et cela parce que cette dernière renferme toujours aussi des sels à base de potasse qui saturent cet excès d'acide sulfurique pour laisser libre seulement un acide organique. L'acide sulfurique doit s'ajouter à la mélasse, lorsque celle-ci a été étendue de la quantité d'eau nécessaire à la fermentation; les proportions généralement employées varient entre 1/2 p. 100 du poids de la mélasse et 1 1/2 au maximum.

La mélasse étant étendue d'eau de manière à marquer, comme nous l'avons dit, 8° à l'aréomètre, il s'agit de procéder à la fermentation, on ajoute pour cela à peu près 2 p. 100 du poids de la mélasse en levure fraîche, pressée et préalablement délayée dans de l'eau, on agite fortement le liquide qu'on abandonne alors à lui-même. La fermentation doit se faire dans des cuves dont la grandeur soit en rapport avec les appareils distillatoires, de manière qu'une cuve dont la fermentation est terminée soit immédiatement distillée et ne reste pas plus de vingt-quatre heures en vidange. Il faut donc avoir un nombre de cuves égal au nombre de jours nécessaires à la fermentation, de telle sorte qu'une des cuves étant toujours prête à distiller et se distillant dans les vingt-quatre heures, une autre au contraire soit préparée à la fermentation ; les cuves intermédiaires étant à des degrés de fermentation de plus en plus élevés, etc.

Si on abandonnait trop longtemps le liquide au contact de l'air, il passerait rapidement à la fermentation acide et finirait par ne donner que peu ou point d'alcool.

Nous avons dit plus haut qu'une des conditions importantes à remplir pour obtenir une bonne fermentation, consistait à opérer sur des liquides dont la densité ne dépassât pas 8° de l'aréomètre de Baumé; quand on ne veut retirer de la mélasse que l'alcool qu'elle peut fournir, la quantité d'eau ajoutée pour atteindre ce terme ne présente qu'un seul inconvénient, celui d'exiger une plus forte consommation de combustible à la distillation; mais quand on veut aussi extraire les sels de potasse que la mélasse contient, et qui restent dans les *vinasses*, plus on met d'eau et plus les frais d'évaporation des eaux mères sont considérables. Pour éviter l'excès de dépense de combustible, on a essayé d'opérer la fermentation des mélasses à une densité de 14° de l'aréomètre; on y a réussi, mais à certaines conditions que nous allons indiquer. A la densité de 14°, la température du liquide peut monter à 30° centigrades, en moins de vingt-quatre heures, et à ce degré l'alcool se transforme avec une extrême rapidité en vinaigre. Pour éviter cet inconvénient, il faut, aussitôt que le liquide marque 27° centigrades, le diviser en deux parties égales et ajouter à chaque portion autant de mélasse qu'elle en contient. La mélasse ajoutée étant à 14° Baumé et renfermant 2 p. 100 du poids de la mélasse, en levure, on laisse alors continuer la fermentation et on ne risque plus de voir la température s'élever à un trop haut degré.

Les mélasses que l'on fait fermenter présentent une assez grande viscosité, même quand on les étend de manière à ne marquer que 8° Baumé; elles peuvent se boursouffler et sortir même en partie des cuves, si on n'y porte remède; on ajoute au liquide un peu de savon noir qui est décomposé par le petit excès d'acide que contient le li-

quide; la matière grasse mise en liberté s'interpose dans l'épaisseur des parois des bulles sirupeuses, rompt leur homogénéité, les dispose à crever et les empêche de s'entasser les unes sur les autres. Nous avons déjà parlé d'un effet analogue qui se produit par l'addition du beurre dans la cuite des sirops de sucre. L'opération est terminée, quand, après avoir été régulièrement en augmentant, la fermentation cesse presque tout à coup; un autre indice d'une bonne fermentation est l'abaissement du degré aréométrique du liquide; celle qui a le mieux réussi doit amener la liqueur de 8° à 1°.

La fermentation étant terminée, il faut refroidir le liquide, si on ne le distille pas de suite, en faisant circuler de l'eau froide dans un serpentin placé dans la cuve qui le renferme, ou bien en le transvasant dans des cuves soufrées. Un serpentin serait même souvent utile pendant le courant de la fermentation, soit pour l'activer en faisant circuler de l'eau chaude dans le vase où elle se passe, soit pour la régler, en y mettant au contraire en circulation de l'eau froide.

1,000 kil. de mélasse de betterave peuvent fournir de 110 à 140 kil. d'un salin marquant de 50 à 55° à l'alcalimètre; nous avons vu plus haut que, pour obtenir économiquement ce résidu, on pouvait opérer la fermentation des mélasses à 14°, la quantité d'eau à évaporer est alors moins considérable; mais le produit en alcool diminue. M. Dubrunfaut, pour éviter cette perte et cependant pour retirer économiquement le salin, a imaginé d'opérer la fermentation à 8° Baumé, et d'économiser le combustible par une suite de dispositions très ingénieuses que nous allons indiquer.

Et d'abord pour étendre la mélasse, il emploie, au lieu d'eau pure, les vinasses provenant d'une précédente distillation et qui n'ont pas d'action nuisible sur le produit alcoolique; cette manière d'opérer lui permet d'obtenir sans

frais un liquide contenant presque le double de salin sous le même volume.

Il obtient sans frais également, la première évaporation des vinasses, en les employant comme eau pure pour alimenter un générateur de vapeur qui lui-même chauffe les appareils distillatoires.

Enfin l'évaporation se termine dans trois chaudières en gradins, chauffées en partie par la flamme perdue d'un four à réverbère, sur la sole duquel se brûle le salin et où l'on termine sa préparation. L'évaporation est poussée dans la troisième chaudière, jusqu'à ce que le liquide marque 32°; à cette époque, on ouvre un robinet qui laisse écouler la matière fluide sur la sole en pente du four à réverbère.

3692. Dans la fabrication de l'alcool par les substances amylacées, les deux principales matières premières que l'on emploie en Europe, sont les grains et les pommes de terre; c'est surtout en Angleterre et en Allemagne que cette fabrication de l'alcool s'effectue. Dans ces pays, on se contente presque toujours de traiter directement l'orge concassée, par exemple, et les pommes de terre cuites et réduites en bouillies par une dissolution d'orge germée qui a la propriété, comme nous l'avons vu, de transformer la fécule que renferment ces substances, en sucre glucose. On étend d'eau la bouillie, on laisse fermenter le tout ensemble, et quand le maximum d'alcool est formé, on porte le liquide à l'appareil distillatoire.

Ce procédé est très économique de main d'œuvre, et il n'exige que peu de mise de fonds ; mais il ne convient qu'à de petites exploitations rurales, et il présente de graves inconvénients qu'il faut éviter, toutes les fois qu'on voudra marcher sur une grande échelle. D'abord la grande quantité de matières étrangères mêlée au moût fait que la fermentation n'y marche pas d'une manière aussi parfaite ni aussi uniforme que dans un moût tiré à clair; la quantité de matière à distiller est plus considérable et exige des

appareils distillatoires et des foyers plus grands. En outre, les dépôts ou marcs causent beaucoup d'embarras dans le transport à l'alambic et contribuent à donner un mauvais goût à l'eau de vie, soit par les principes que contiennent les pellicules, soit parce que les marcs s'attachent facilement au fond de la chaudière, brûlent et donnent aux produits distillés ce goût de brûlé qui leur enlève de leur valeur. Enfin, on éprouve beaucoup de difficultés à se servir des appareils distillatoires continus, qui offrent de si grands avantages.

Par toutes ces raisons, il faut éviter autant que possible d'employer ce procédé de traitement direct, toutes les fois surtout qu'on marche sur une grande échelle.

Il est bien plus convenable de diviser le travail des matières premières qui nous occupent en deux opérations tout à fait distinctes, savoir : 1° la saccharification de la matière, 2° le traitement de la matière sucrée obtenue. Dès lors on n'a qu'à se guider d'après les principes qui ont été énoncés à l'occasion de la fabrication du sucre de fécule au moyen de l'acide sulfurique ou de la diastase, dans la préparation du moût fermenté qui donne la bière, et enfin dans les procédés que nous venons de décrire pour la distillation des liquides sucrés.

Ainsi, pour obtenir la saccharification de la fécule, par exemple, il suffira de la traiter dans une cuve par l'acide sulfurique, en prenant les précautions que nous avons indiquées. On saturera l'acide par de la craie, on soutirera au clair, et le liquide, passera directement dans la cuve de fermentation. On pourra également saccharifier la fécule au moyen de la diastase produite dans l'acte de la germination de l'orge.

Quant à la préparation de l'alcool au moyen du grain, rien n'est plus simple, il suffit de préparer du malt, comme nous l'avons indiqué à l'article *Bière*; de dissoudre le malt à des températures convenables et de faire fermenter

le moût qui proviendra de la dissolution. En opérant ainsi sur du jus fermenté, préparé à part, on pourra distiller l'alcool provenant des grains, dans les mêmes appareils et par les mêmes procédés que ceux qui sont employés, quand la mélasse forme la matière première.

En Allemagne, où la distillation des eaux de vie de grains est très répandue, on a trouvé en moyenne que les différentes semences fournissent les produits suivants à 50° de l'alcoomètre centésimal :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 100 kilog. | de froment | donnent 40 à 45 | litres d'alcool. |
| —— | de seigle..... | 36 à 42 | » |
| —— | d'orge..... | 40 | » |
| —— | d'avoine..... | 36 | » |
| —— | de sarrazin..... | 40 | » |
| —— | de maïs..... | 40 | » |

Dans le nord, on distille souvent le grain fermenté à l'état pâteux; mais cette méthode nous paraît moins bonne, surtout pour une grande exploitation : dans ce dernier cas, il faudrait toujours, comme on le fait en Angleterre, obtenir le moût sucré pour traiter celui-ci de manière à en obtenir le plus d'alcool possible.

En Angleterre, on distingue deux méthodes pour la fabrication de whisky; dans l'une, on emploie le grain naturel au moins en partie, dans l'autre on ne fait usage que d'orge germé.

Dans les fabriques qui font usage d'orge germé pur, on prend 180 hectolitres d'orge germé sec et moulu grossièrement, qu'on brasse avec 400 hectolitres d'eau à 70°; on en retire à peu près 150 hectolitres de moût propre à la fermentation. On fait digérer le résidu à deux reprises avec 200 hectolitres d'eau à 70°, et on se sert de ces 400 hectolitres d'eau de lavage pour opérer un nouveau traitement sur de l'orge germé nouveau.

La fermentation du moût s'opère à 20° avec un mé-

lange de 3 à 4 0/0 d'un mélange de levure de porter et de levure d'Ecosse : elle dure trois jours. Le moût descend de la densité de 1,06 à 1.

La première distillation se fait dans des alambics pourvus d'un agitateur qui empêche les dépôts de brûler sur leurs parois. On est forcé en outre de mettre une grande attention à prévenir le boursouflement du liquide. On ajoute donc par 3600 kilogrammes de liquide, ce qui constitue un chargement, 4 kilogrammes de savon. Cette précaution n'empêche pas de s'assurer de temps à autre que l'écume, en se formant, n'entraîne pas la liqueur dans la colonne qui surmonte l'alambic.

Le phlegme produit par la première distillation a besoin d'une rectification, dans laquelle on met de côté, pour être mêlés d'eau et distillés de nouveau, les premiers et les derniers produits, qui offrent une teinte bleue ou laiteuse et une saveur désagréable. Le produit intermédiaire, qui forme les 4/5 de la totalité, est mis dans le commerce.

Il est évident que cette méthode fournit un moût très clair, facile à traiter, et qu'elle convient fort bien à la fabrication de la bière.

Mais pour le distillateur, il est évident aussi que tout l'amidon qui s'est détruit pendant la germination est perdu pour la fabrication de l'alcool.

On trouvera donc plus économique de restreindre la proportion d'orge germé, et de faire intervenir des céréales à l'état naturel, ou des matières amylacées quelconques.

Quand on veut brasser de l'orge naturel, il faut y ajouter 1/6 ou même 1/5 de son poids d'orge germé. Pour le froment, qui renferme du gluten déjà disposé à favoriser la conversion de son amidon en sucre, il suffit de 1/8 ou même 1/16 de son poids d'orge germé.

On préfère l'emploi simultané de plusieurs sortes de grains. On associe le froment à l'orge et à l'avoine, ou

bien le froment, l'orge et le seigle. Les enveloppes de l'avoine et du seigle forment une masse spongieuse qui se prête mieux au brassage, et dans laquelle l'eau pénètre mieux la fécule qui se divise dans cette éponge.

3693. Les appareils que l'on emploie pour la distillation des eaux de vie et alcool, peuvent se diviser en deux grandes sections : les uns sont *intermittents*, c'est à dire qu'après chaque opération on est obligé de suspendre leur marche, pour vider les vinasses et les remplacer par de nouveau liquide fermenté; les autres au contraire sont *continus* et marchent sans interruption jusqu'à ce qu'un accident ou la nécessité du nettoyage obligent à les arrêter momentanément.

1° *Des appareils intermittents.* Ces appareils sont en général de simples alambics; ils exigent beaucoup de frais pour la distillation de l'alcool; nous n'en dirons que peu de mots, car ils ne sont employés que dans de petites exploitations, où le travail peu important ne dure qu'une partie de l'année, et où l'on ne pourrait par conséquent pas supporter les intérêts d'argent assez considérables qu'exigent les appareils continus.

Les appareils intermittents se divisent en deux classes distinctes : les uns sont fondés sur le principe de l'alambic ordinaire, employé pour la distillation de l'eau; les autres sont en outre munis d'un appareil rectificateur, dont nous verrons plus loin l'utilité.

1° L'alambic ordinaire se compose simplement d'une chaudière en cuivre ou cucurbite, soumise à l'action d'un foyer de chaleur, et où se place le liquide à distiller; et d'un serpentin à réfrigérant où viennent se condenser les vapeurs alcooliques.

Avec ces appareils, il est impossible d'extraire les dernières portions d'alcool contenues dans le liquide fermenté sans évaporer en même temps une grande quantité d'eau. Il est donc impossible d'obtenir des alcools con-

centrés sans répéter la distillation à deux et trois reprises différentes; il en résulte nécessairement une dépense de combustible énorme comparativement à celle qu'exigent les appareils continus. Dans certains cas, par exemple, pour les alcools rectifiés, cette dépense est de vingt à trente fois plus considérable pour la même quantité de produit.

Ajoutons à ce que nous venons de dire, que dans les alambics ordinaires la condensation des vapeurs alcooliques est très souvent imparfaite; que l'eau de vie acquiert quelquefois un goût de brûlé désagréable, et que rarement elle est très limpide, et l'on aura une idée juste des inconvénients que l'on éprouve à se servir des appareils discontinus sans rectification.

2° *Appareils intermittents avec rectification.* Frappés des nombreux inconvénients que nous venons de signaler, et de la perte de combustible qui en est le résultat, les constructeurs ne tardèrent pas à changer la disposition des appareils distillatoires. D'abord on profita de la chaleur perdue dans la condensation des vapeurs alcooliques pour distiller de nouveau, ou rectifier de l'eau de vie provenant d'une première opération; ensuite pour diminuer encore la main d'œuvre et la perte de combustible, on chercha à obtenir les mêmes résultats en une première et unique distillation. Mais, le système intermittent avec rectificateur et chauffe-vin, est de tous les procédés celui qui doit être le moins employé, parce que d'un côté il n'est pas assez simple pour convenir à de très petites exploitations, et que de l'autre, il présente tous les inconvénients de complication et de cherté des appareils continus sans en posséder le principal mérite.

2° *Des appareils distillatoires continus.* Les appareils distillatoires ont subi bien des changements, avant d'arriver au degré de perfection remarquable qu'ils possèdent aujourd'hui. Si l'on compare le simple alambic, connu

de temps immémorial, à l'appareil continu que nous allons décrire, on reconnaîtra toute la différence qui sépare l'œuvre de la routine et celle d'ingénieurs capables de mettre à profit à la fois la théorie et l'expérience. Nous devons le dire, jamais peut-être ces deux éléments réunis n'ont produit pour l'industrie d'appareil plus parfait que celui dont nous allons nous occuper ; en effet, les combinaisons y sont telles, qu'on y met à profit toute la chaleur émise par la condensation des vapeurs aqueuses et alcooliques, elles permettent d'obtenir l'alcool non seulement à un degré donné, mais bien mieux, au même instant et sans changer en rien la marche de l'appareil, de l'obtenir à un degré quelconque, depuis le plus faible jusqu'au plus fort. Dans cet appareil, le liquide fermenté est introduit en un filet constant; il chemine graduellement, en s'échauffant, peu à peu, au contact des vapeurs alcooliques ; il perd de plus en plus son alcool; il sort enfin complètement épuisé par l'extrémité opposée.

La marche de l'appareil est tellement combinée, elle est si régulière, tout s'y passe avec tant d'ordre et de méthode, qu'il suffit d'un seul ouvrier pour conduire et surveiller plusieurs appareils fournissant une quantité énorme d'alcool concentré. Pour donner une idée de la consommation du combustible qui, dans une telle opération, est un élément si important, il nous suffira de poser quelques chiffres.

Dans les anciens appareils discontinus à distillations successives, on emploie en houille une quantité au moins égale au poids de l'eau de vie obtenue et jusqu'à trois fois le poids de l'alcool à 36°. Avec les meilleurs appareils continus, la dépense en houille n'est que le quart environ de l'alcool à 36° obtenu, même quand on distille un liquide contenant un vingtième d'alcool seulement.

C'est à M. Cellier Blumenthal, dont le nom doit être cher à l'industrie, qu'est due l'introduction du principe de

la continuité dans les appareils distillatoires. Avant lui, Argand avait eu l'idée de faire passer les vapeurs alcooliques dans deux serpentins successifs, l'un ascendant, l'autre descendant, et de chauffer le vin par la chaleur perdue; Edouard Adam avait appliqué à un appareil de distillation le système des laveurs de Woulf. Plusieurs autres constructeurs vinrent ajouter quelques améliorations à ces appareils; mais, nous le répétons, c'est M. Cellier Blumenthal qui eut l'idée de combiner tout ce qu'il y avait de bon dans les précédents systèmes, et d'appliquer à l'appareil qui en est résulté le système de la continuité si fécond dans toutes les opérations industrielles.

Dans son ensemble, l'appareil se compose de sept parties distinctes, qui sont : 1° deux chaudières en cuivre A et B, qui sont soumises à l'action du feu; 2° la colonne de distillation C; 3° la colonne de rectification D; 4° le condensateur chauffevin E; 5° le réfrigérant F; 6° le régulateur d'écoulement du liquide G; 7° le réservoir du liquide H.

La chaudière A étant remplie jusqu'aux trois quarts, et la chaudière B ne contenant plus que 8 ou 10 centimètres de vinasse, on porte le liquide de la première chaudière à l'ébullition; en même temps, on ouvre le robinet *r*, qui laisse écouler le liquide à distiller dans l'entonnoir *u;* ce liquide froid arrive au fond du réfrigérant F, le remplit, se rend dans le chauffevin par le tube *l*, se répand dans le conduit criblé *y* (*voy.* fig. 3), s'élève dans le chauffevin jusqu'à la hauteur du tuyau *h*, qui le conduit dans la colonne *c*, dont il parcourt les compartiments, pour tomber enfin dans la seconde chaudière D.

Pendant la marche que nous venons d'indiquer, le liquide de A étant parvenu à l'ébullition, la vapeur alcoolique passe au moyen du tuyau *e e* dans la deuxième chaudière D, qui, chauffée par ces vapeurs et par les produits de la combustion qui viennent du foyer placé sous la première chaudière, est bientôt mise en ébullition. La vapeur qu'elle produit se dégage dans la colonne de distillation *c*,

y rencontre le vin qui en parcourt tous les compartiments, lui cède une portion de la chaleur, et lui enlève de l'alcool, arrive dans la colonne D où elle s'alcoolise de nouveau, entre dans le serpentin (*s s, voy.* fig. 3) du chauffevin E, en suit les sinuosités, se dépouille en partie des vapeurs aqueuses qui l'accompagnent (et qui reviennent par le tube *p p*, puis *l l*, dans la colonne de rectification), puis se rend dans le serpentin contenu dans le réfrigérant F, et sort enfin, condensée et dépouillée de toute l'eau qu'on a voulu enlever, par le tube *x*, dans une petite éprouvette où un pèse-alcool indique sans cesse son degré.

Lorsque l'indicateur *f*, de la chaudière D, indique qu'elle est près d'être pleine, on ouvre le robinet *a* de la première chaudière, et on laisse écouler la vinasse, qui doit être entièrement épuisée, jusqu'à ce qu'il ne reste plus que 15 centimètres au dessus du tuyau de décharge; on ferme alors *a*, on ouvre *d* pour vidanger jusqu'à 15 centimètres du fond de la chaudière D.

Comme on le voit, cette marche, du côté de la vidange, n'est pas entièrement continue; mais cette espèce d'intermittence dans la continuité est une véritable amélioration apportée par M. Derosne dans l'appareil Cellier Blumenthal. Il est impossible, quelle que soit l'habileté du chauffeur, d'épuiser entièrement le liquide de la dernière chaudière si on n'arrête momentanément l'écoulement; il faudrait pour y arriver que les couches les plus légères, celles qui contiennent le plus d'alcool, se tinssent toujours à la superficie, or à cause de l'ébullition cela est impossible à réaliser.

Voici quelques chiffres qui donneront une idée des rendements :

| | Litres alcool 3/6. |
|---|---|
| Vin de Saint-Gilles (environs de Montpellier), pour 1000 litres on obtient..... | 150 |
| Bons vins des terrains calcaires, *id*..... | 140 |
| Vins des terrains gras, *id*..... | 110 |
| Vins de terrains produisant beaucoup, *id*..... | 100 |

Nous ajouterons qu'avec l'appareil de Derosnes l'opération exige deux à trois heures pour la mise en train.

On obtient 10 à 15 pour 100 d'esprit 3/6, comme on vient de le dire, et on consomme 150 kilogr. de houille pour obtenir 600 litres d'esprit 3/6.

Nous citerons enfin un appareil remarquable par la simplicité de toutes les parties qui le composent, et dont on a le détail exact dans la planche CXIII et dans la légende annexée. Cet appareil est celui de M. E. Laugier; il se compose de deux chaudières d'évaporation semblables à celles de l'appareil précédent, d'un vase rectificateur et d'un condensateur; on remarquera la simplicité du rectificateur et la disposition ingénieuse que M. Laugier a employée pour faire revenir les vapeurs condensées dans la première chaudière. Cet appareil, malgré la simplicité de sa construction, paraît donner des résultats aussi bons que le précédent.

3694. Sans vouloir entrer dans un détail minutieux des diverses variétés de liqueurs fabriquées pour les besoins du commerce, nous en citerons quelques unes. Le rum est la liqueur alcoolique obtenue par la distillation de la mélasse et du jus de canne préalablement fermentés. La mélasse ou le sirop provenant de l'égout des sucres sont étendus d'une quantité d'eau assez grande pour que la fermentation s'établisse; lorsqu'elle est terminée on verse la liqueur dans un alambic tout à fait simple, puis on opère la distillation. Le produit obtenu est blanc et diaphane. Pour lui donner la couleur jaune ambrée qu'on lui connaît dans le commerce, et afin de lui communiquer le goût particulier que les consommateurs exigent, on fait infuser dans une portion de la liqueur en proportions qui varient à l'infini suivant les fabriques, des pruneaux, des clous de girofle, du goudron, et surtout des râpures de cuir tanné; la coloration est complètée par une addition de caramel.

On a essayé de fabriquer du rum au moyen des mélasses de betterave et on y a assez bien réussi.

Lorsqu'on veut obtenir du rum de première qualité, les colons emploient en grande partie du vésou extrait des cannes. Les mélasses ne donnent que du rum d'une qualité inférieure.

Le genièvre hollandais se prépare au moyen de l'eau de vie de grains distillée sur du genièvre.

On fait un mélange d'escurgeon, germé et touraillé par les procédés que nous avons déjà indiqués, de seigle et d'eau chaude à 70°; on brasse fortement, puis on laisse fermenter; la fermentation dure trente-six heures, et le liquide qui en provient est distillé dans un alambic; chaque appareil chargé de 24 hectolitres de liqueur, fournit 6 hectolitres de produit qu'on appelle phlegme.

On réunit ensuite 24 hectolitres de phlegme que l'on distille une seconde fois sur du genièvre de Bordeaux.

Au total, 100 litres de liquide fermenté fournissent 3 litres de genièvre à 19° Cartier ou 48 à 50° de l'alcoomètre de M. Gay-Lussac.

Parmi les eaux de vie les plus célèbres, nous devons citer celle que l'on retire des cerises et qui est connue sous le nom de kirschwasser; le meilleur vient de la forêt Noire. Les procédés de fabrication sont simples, mais exécutés avec grand soin lorsqu'on veut obtenir de bons produits. Les merises mures et récoltées une à une avec discernement, sont séparées des queues, puis écrasées à la main sur une corbeille placée au dessus d'un cuvier où se rend le jus. Une partie du marc, le quart seulement, est pilonné de manière à ce que les noyaux soient écrasés, puis il est jeté dans le moût; le tout est placé dans une cuve où s'opère la fermentation: lorsqu'elle est terminée, on tire à clair la liqueur et on la distille dans un alambic ordinaire. Les bons fabricants de la Forêt-Noire chauffent leurs alambics à la vapeur, et ont même le soin de n'employer que des appa-

reils en étain. Ils ont également le soin de n'écraser qu'une faible portion des noyaux, afin que la liqueur ne soit pas rendue malsaine par une trop grande proportion d'acide hydrocyanique.

On imite trop fréquemment le kirsch en faisant infuser pendant plusieurs jours des feuilles de pêcher dans de mauvaise eau de vie de marc de raisin; la liqueur obtenue de cette manière est très nuisible à l'économie, et ne possède pas les bonnes qualités du kirsch naturel.

Les lichens traités par l'acide sulfurique donnent un sucre analogue à celui que l'on obtient avec la fécule de pomme de terre, et, par suite, un alcool analogue. Quelques expériences faites à ce sujet paraissent avoir donné les résultats suivants : 30 kilog. de lichen, contenant à peu près 36 à 44 pour cent de fécule, ont donné une quantité de sucre telle que par la fermentation et la distillation, on a obtenu 6 litres et demi d'eau de vie à 21°.

## VINAIGRE.

3695. Le vinaigre, ou acide acétique, employé pour la consommation, se prépare par la fermentation acide que l'on fait subir aux liquides alcooliques.

Tous les liquides alcooliques peuvent donner du vinaigre, ainsi les vins de toutes natures, les eaux de vie de mélasse, de pomme de terre, de grains, etc., etc., servent concurremment à la fabrication en grand du vinaigre.

En Angleterre, où les vins ne sont pas produits par le sol, on ne consomme généralement que du vinaigre provenant de la fermentation alcoolique, puis acide du moût de malt ou de grains. Pour préparer ce vinaigre, on place le malt réduit en poudre dans une cuve à double fond percée de trous, et on en extrait, par une première macération à 75 ou 80°, puis par une filtration d'eau chaude, tout le

sucre qu'il peut former et contenir. Le moût obtenu est mélangé d'une certaine quantité de levure de bière qui développe une fermentation tumultueuse ; le sucre ne tarde pas à se transformer entièrement en alcool, le liquide déposé est propre à donner alors du vinaigre de bonne qualité.

On emploie, pour faire tourner à l'acide le liquide alcoolique, différents procédés analogues à ceux que nous décrivons plus loin.

On fabrique en moyenne en Angleterre 2,500,000 gallons, par an, de vinaigre, en employant le malt seulement.

En Allemagne, on prépare également beaucoup de vinaigre au moyen du malt d'orge ou de froment, et aussi avec l'alcool que l'on retire de la pomme de terre saccharifiée par des procédés analogues à ceux que nous avons indiqués en parlant de la fabrication du sucre de fécule. Dans ce pays, on compte que 50 kilog. de malt d'orge peuvent donner 2 1/2 à 3 hectolitres de vinaigre ordinaire; pour produire la même quantité, on emploie 1 hectolitre 1/3 de pomme de terre.

En France, la plus grande partie du vinaigre se produit avec des vins plus ou moins avancés et qui ne trouveraient pas, dans la consommation directe, un débouché plus avantageux.

Depuis quelques années, cependant, on a produit d'assez grandes quantités de vinaigre par la fermentation des mélasses, et il existe des fabriques où l'on obtient, par des procédés méthodiques, de bon vinaigre au moyen des sirops de fécule, à des prix extrêmement modérés.

Cependant, disons-le, le bon vinaigre de vin est toujours préféré pour l'assaisonnement des mets, quand il provient surtout de vins de bonne qualité ; il possède une saveur agréable qu'on ne retrouve dans aucun des produits des matières précédentes.

3696. En France, on emploie deux procédés pour préparer le vinaigre au moyen des vins; l'un qui est le plus ancien, consiste simplement à mettre le vin à acidifier en contact avec du vinaigre déjà formé et à laisser la fermentation s'opérer lentement au contact de l'air à une température assez élevée; l'acide déjà existant active la fermentation du liquide alcoolique, et le mélange finit par ne plus contenir d'alcool. On ne doit ajouter le vin que peu à peu et à des intervalles plus ou moins considérables, suivant que les vases où se fait l'acétification sont plus ou moins grands; l'air doit s'y renouveler facilement; enfin la température ambiante doit être maintenue à 30° cent.

C'est à Orléans que se fabrique par ce procédé le vinaigre le plus renommé. L'atelier où l'on opère la fermentation acide, est ordinairement un cellier où la température puisse se maintenir sans exiger une trop forte consommation de combustible; l'air y est facilement renouvelé par des ouvertures que l'on peut fermer à volonté; enfin, un poêle en fonte sert à chauffer l'atelier à une température de 30° cent.

Les vases que l'on emploie, sont des futailles ordinaires, qui souvent ont déjà servi à contenir du vin; elles contiennent de 210 à 230 litres; elles doivent être en chêne et solidement cerclées en fer. On dispose ces tonneaux sur des chantiers superposés de manière à avoir trois ou quatre rangées de futailles les unes au dessus des autres; cette disposition présente deux avantages, elle économise la place et elle permet d'obtenir dans l'atelier une température plus uniforme. Les tonneaux étant placés sur chantier, comme nous venons de le dire, on les remplit au tiers de bon vinaigre, puis on ajoute 10 litres du vin que l'on veut acidifier. On laisse en repos une huitaine de jours et on ajoute 10 nouveaux litres de vin; cette addition a lieu encore deux fois aux mêmes intervalles de temps; huit jours après la dernière addition, tout le liquide contenu

dans le tonneau est acidifié; on retire alors les 40 litres que l'on avait ajoutés, et on recommence les additions de vin, etc.

Il faut avoir soin de n'employer que du vin parfaitement clair; s'il ne l'était pas, on devrait le filtrer sur des copeaux de hêtre tassés dans une cuve fermée, de la contenance de 30 à 35 litres. Si le vinaigre fabriqué était trouble, on serait obligé de lui faire subir la même manipulation.

L'acétification du vin, par les procédés que nous venons d'indiquer, n'a pas toujours une marche régulière; plusieurs causes se réunissent pour ralentir ou activer l'opération; ces causes dépendent de la qualité des vins que l'on emploie et de la méthode elle-même qui sert à les transformer en acide acétique.

Les vins récemment fabriqués, par exemple, s'acidifient plus difficilement que des vins d'ancienne date; ils contiennent encore du sucre qu'il faut d'abord transformer en alcool. Les vins pauvres en alcool fermentent très rapidement, mais ne donnent que des vinaigres faibles. Les vins du midi de la France et des contrées méridionales, qui sont très spiritueux, s'acétifieraient fort difficilement, si on les employait tels quels.

A tous ces inconvénients, on peut apporter des remèdes. Aux vins nouveaux, on peut ajouter un peu de ferment ou de levure de bière qui ne tardera pas à exciter la fermentation et à la conduire à bon terme.

On peut remédier à la pauvreté des mauvais vins en y ajoutant, soit des alcools, soit des matières sucrées, telles que mélasses, miel, sucre de fécule, etc., en proportion suffisante pour que le vinaigre obtenu ait toute la force désirable.

Au contraire, si l'on opère sur des vins très spiritueux, on les étendra d'une suffisante quantité d'eau, chauffée préalablement, pour que le mélange ne possède plus que

le degré moyen des vins que l'on employe ordinairement.

En prenant toutes ces précautions et d'autres que nous indiquerons plus loin, il ne se présentera plus de ces anomalies si singulières au premier abord, mais qui, en y réfléchissant un peu, s'expliquent souvent assez facilement.

D'autres précautions, nous venons de le dire, sont encore nécessaires pour obtenir un produit régulier ; elles doivent être appliquées aux appareils que l'on employe et aux dispositions prises dans les ateliers où se produit l'acétification.

L'oxygène étant nécessaire à la fermentation qui se développe, il est de toute nécessité que l'air puisse facilement se renouveler. Or, les barriques que l'on employe dans l'ancien procédé ne permettent pas facilement l'accès de l'air ; la partie vide du tonneau ne tarde pas à se dépouiller de son oxygène, et le liquide reste longtemps en contact avec les mêmes gaz.

D'un autre côté, la température de 30° qui est nécessaire à la fermentation, doit être parfaitement uniforme dans toutes les parties de l'atelier, si on veut obtenir partout des résultats semblables ; or, il n'en est pas ainsi d'ordinaire. Les barriques qui environnent le poêle de fonte employé pour élever la température, sont toujours soumises à une température plus haute que celles qui sont à l'autre extrémité de l'atelier ; de là, de nombreuses anomalies qui se présentent suivant que l'on acidifie dans telle ou telle partie de la pièce.

On remédierait facilement à ce dernier inconvénient, en chauffant l'atelier de fermentation, soit au moyen de l'air chaud produit à part dans un calorifère, soit au moyen de la vapeur circulant dans des tubes ; soit enfin, ce qui serait bien préférable, par un calorifère à circulation d'eau chaude. Ce dernier chauffage, qui depuis quelque temps jouit d'une vogue justement méritée, présente plusieurs avantages dans ce cas particulier ; il permet, comme les

précédents, de chauffer le plus uniformément possible toutes les parties de l'atelier où il est employé. En outre, il n'est pas sujet, comme tous les autres modes de chauffage, à des variations brusques de température extrêmement nuisibles parfois.

3697. Le procédé ancien que nous avons indiqué plus haut exige 30 jours au moins et 45 au plus pour obtenir une acétification complète du vin. Il est évident, par toutes les raisons que nous avons données, qu'on pourrait de beaucoup diminuer le temps de la fabrication.

On est arrivé, en effet, par de nouveaux appareils à produire du vinaigre en moins de 3 jours, en multipliant les points de contact entre l'air et le vin.

L'appareil se compose d'un tonneau de 2 mètres de hauteur sur un 1 mètre de diamètre posé debout sur chantier; le fond supérieur de ce tonneau est enlevé et remplacé par un couvercle fermant aussi hermétiquement que possible. A 15 ou 20 centimètres du couvercle, se trouve un fond percé d'un grand nombre de trous de quelques millimètres de diamètre, et supporté sur un cercle cloué sur le pourtour et à l'intérieur du tonneau. A chacun des trous du fond artificiel, on adapte un brin de ficelle de 15 centimètres de longueur, qui bouche en partie l'orifice.

C'est le long de ces ficelles, que le liquide que l'on fait arriver entre le fond et le couvercle, suinte et va tomber goutte à goutte et très uniformément dans l'intérieur du tonneau et sur toutes les sections. L'intérieur du tonneau, c'est à dire l'espace compris entre le fond inférieur et le fond artificiel, est rempli de copeaux minces de hêtre rouge. Le liquide qui tombe des ficelles se répand sur ces copeaux, présente à l'action de l'air une immense surface et ne tarde pas à s'acidifier.

L'air suit un chemin inverse, il entre dans le tonneau par une ouverture pratiquée à quelques centimètres du fond, lèche la masse de copeaux, traverse le fond artificiel au

moyen de tubes qui débouchent au dessus du liquide alcoolique, et sort enfin du tonneau par une ouverture ménagée au couvercle et qui sert en même temps à introduire le liquide à acétifier.

Un premier passage dans les tonneaux de graduation ne suffit pas pour obtenir une acétification complète; il en faut trois. Si l'emplacement de l'atelier le permettait, il serait donc bon de disposer les 3 tonneaux de chaque série en gradins. Dans le tonneau le plus élevé, arriverait le liquide alcoolique; dans le tonneau inférieur coulerait continuellement le vinaigre fabriqué au moyen d'un trop plein placé à la partie inférieure de chacun des tonneaux, qui ne doit pas laisser le liquide s'élever à plus d'un décimètre du fond. A quelques centimètres au dessus du niveau du liquide, sont des orifices percés à égale distance les uns des autres, sur tout le pourtour du tonneau; ils ont pour but, comme nous l'avons dit, d'introduire l'air nécessaire à l'acétification.

On pourrait au moyen des tonneaux de graduation acidifier tel liquide alcoolique que l'on voudrait. En Allemagne, ils sont fort en usage pour la fabrication des vinaigres au moyen des eaux de vie de grains ou de pomme de terre.

Le procédé de graduation que nous venons de décrire est très expéditif, puisqu'au besoin on pourrait en vingt heures produire du vinaigre; mais, par cette raison même, il présente un grave inconvénient qu'il serait facile d'éviter. En effet, l'énorme quantité d'air que l'on fait circuler à travers le liquide entraîne toujours une notable proportion d'alcool et même d'acide acétique; on éprouve donc une perte dans le rendement en vinaigre.

On réduirait cette perte à bien peu de chose, si ce n'est à rien, en fermant chaque tonneau ou vase de graduation d'un couvercle à fermeture hydraulique. A ce couvercle, serait adapté un tube en ferblanc qui conduirait l'air et les vapeurs entraînées dans un serpentin condensateur en-

vironné d'eau froide. Les vapeurs alcooliques se condenseraient, on les mêlerait avec les liqueurs à acétifier; elles pourraient même, une fois condensées, retourner directement dans les vases de graduation; il suffirait pour cela de faire un serpentin ascendant. Cette dernière disposition aurait même un grand avantage, celui de ne pas contrarier le courant d'air.

3698. Rien n'est plus facile que de s'assurer de la force des vinaigres : comme ils doivent leur valeur à l'acide acétique, il suffit de saturer celui-ci, au moyen d'une base; la quantité employée donne l'équivalent d'acide acétique.

Il suffit donc d'avoir une dissolution de potasse ou de soude caustique dont on prend le titre au moyen de l'acide sulfurique. Une fois titrée, elle sert à faire tous les essais de vinaigre; il suffit de déterminer quel est le volume de vinaigre nécessaire pour neutraliser un volume connu de la dissolution alcaline.

La densité des vinaigres n'offre pas un bon moyen d'épreuve; on sait qu'elle présente un maximum qui ne correspond pas au maximum de richesse.

Rien de plus facile, du reste, que de reconnaître dans les vinaigres la présence de l'acide sulfurique au moyen des sels barytiques; celle de l'acide chlorhydrique, au moyen des sels d'argent : la seule précaution à prendre consiste à distiller l'acide d'abord, pour en séparer les sulfates ou chlorures qui pourraient s'y trouver dissous.

3699. L'acide acétique s'obtient en grand par un autre procédé tout différent fondé sur l'action qu'exerce la chaleur sur le bois. L'acide que l'on retire par la distillation était d'abord appelé, à cause de son origine, acide *pyroligneux*, et maintenant, c'est surtout avant qu'il soit débarrassé des matières goudronneuses qui l'accompagnent au moment de sa production, que cette dénomination lui est conservée.

En Angleterre et en Ecosse, les ateliers pour la distilla-

tion du bois ont adopté des dispositions fort analogues à celles que nous consacrons en France à la fabrication des acides nitrique et hydrochlorique. On s'y sert exclusivement de cylindres en fonte horizontaux, de 6 à 8 décimètres de diamètre, sur 2 mètres de long. Les vapeurs et les gaz sont dirigés dans des appareils empruntés aux usines à gaz pour leurs dispositions générales.

Les vases que l'on a adoptés en France, dans les fabriques d'acide pyroligneux, pour la distillation du bois, sont de grands cylindres en tôle rivée, garnis d'un cadre en fer pour leur plus grande solidité. Chacun d'eux reçoit en général cinq stères de bois placé debout. Quelques fabricants le dessèchent préalablement à la chaleur de la fumée qui sort du fourneau. A la partie supérieure du vase se trouve latéralement un petit cône en tôle servant de col à la cornue. Celle-ci est fermée avec un couvercle rentrant, également en tôle, que l'on fixe avec des clavettes. Trois petits anneaux servent à attacher au cylindre trois chaînes qui se réunissent au même point, et à l'aide desquelles on peut au moyen d'une grue pivotante placer et enlever le cylindre à volonté. Le fourneau est une tour ronde sur laquelle se place un tourteau en maçonnerie. Pour prolonger la durée des cornues, on les barbouille de temps en temps avec un lait de chaux. Elles durent de quatre à cinq ans, quand elles sont bien ménagées.

Lorsque tout est disposé, on commence à chauffer au moyen de quelque combustible. On a vu (tome I, p. 559), qu'en faisant usage de bois, pour cet objet, on devra en consumer 0,125 de la quantité soumise à la distillation. La combustion des gaz dégagés produit le reste de la chaleur nécessaire. Dès qu'il se dégage de la vapeur fuligineuse, on ajoute au col une allonge. Elle consiste en un manchon qui s'engaîne dans le commencement de l'appareil condensateur. Une suite de tuyaux disposés en zigzag et enveloppés par d'autres cylindres compose ordinai-

rement le condensateur. Dans l'espace annulaire, compris entre les deux séries de cylindres, circule une assez grande quantité d'eau. Elle arrive froide inférieurement; elle sort bouillante à la partie supérieure, et sert à faire des dissolutions. Si l'eau manquait à la fabrique, on refroidirait au moyen de l'air en faisant parcourir beaucoup d'espace à la vapeur.

L'appareil de condensation se termine par un conduit qui aboutit dans un premier récipient placé sous terre. Les produits liquides passent de là dans un réservoir plus grand par un tube au dessous duquel le niveau ne descend jamais, et qui intercepte la communication avec l'intérieur de l'appareil. Le gaz qui se dégage et ne se condense pas, est ramené par des tuyaux au dessous du cendrier du four. Le tuyau est muni d'un robinet pour pouvoir régler le jet du gaz, et interrompre à volonté la communication de l'intérieur du cylindre et de l'air extérieur. La partie du tuyau qui arrive dans le foyer s'élève, perpendiculairement, à plusieurs pouces au dessus du sol. Il se termine en douille d'arrosoir. De cette manière, il ne court pas risque d'être obstrué par les cendres ou par le combustible, et la distribution du gaz est plus uniforme.

Vers la fin de l'opération, on élève la température jusqu'à faire rougir le cylindre. Elle se termine après huit heures de feu. La couleur de la flamme du gaz ne peut servir d'indice pour le point auquel elle est arrivée. Elle est d'abord rouge-jaunâtre; elle devient bleue ensuite, et sur la fin elle est tout à fait blanche. On a ordinairement recours, pour reconnaître le terme de la carbonisation, au refroidissement des premiers tuyaux qui ne sont pas encore entourés d'eau. On les voit se refroidir quand la cornue cesse de leur envoyer un nouveau gaz; alors, si en projetant à leur surface quelques gouttes d'eau, on la voit s'évaporer sans bruit, on juge que la calcination a été suffisamment prolongée.

Quand on s'en est assuré, on délute l'allonge; on la fait rentrer dans le premier tuyau, avec lequel elle s'engaîne. On bouche l'issue avec une plaque de tôle garnie d'argile. Avec la grue, on enlève le tourteau, puis le cylindre, et on le remplace par un autre disposé d'avance. On attend pour enlever le charbon qu'il soit bien refroidi. Cinq stères en fournissent à peu près sept voies et demie. Comme nous avons eu déjà ailleurs l'occasion de le signaler, la quantité de charbon obtenue est d'autant plus grande, que la calcination est conduite avec plus de lenteur. La quantité d'acide acétique varie en sens inverse.

M. Payen s'est assuré que les bois qui renferment le plus de matière incrustante sont ceux qui produisent le plus d'acide acétique à la distillation. Cependant, la cellulose pure en produit elle-même, et par conséquent les bois riches en cellulose en donnent également, mais comparativement moins que les bois qui contiennent beaucoup de matière incrustante dans leurs cellules.

Avec l'acide, il se distille beaucoup d'huile empyreumatique et de goudron. Une partie de ces matières passe dans la liqueur aqueuse, et la colore en rouge brun. Une autre partie s'en sépare par le repos. On enlève celle-ci du second récipient au moyen d'une pompe en bois qui y descend jusqu'au fond. Ce goudron, dont on se sert dans les douanes pour empoisonner le sel marin sur lequel on ne fait point peser l'impôt, est transporté hors de la fabrique le plus tôt que l'on peut.

Ce goudron a été essayé, mais sans succès, pour le bitumage des trottoirs ou des pavés; il retient toujours un peu d'acide : son odeur est persistante; il devient friable à la longue; il est dissous par l'eau des pluies.

En conséquence, le seul moyen de tirer parti de ce goudron consiste à le brûler par des procédés analogues à ceux que l'on met en usage pour la combustion du goudron de houille dans les usines d'éclairage au gaz.

Une autre pompe va pareillement puiser la liqueur acide, que l'on purifie d'abord généralement par la distillation.

On fait usage à cet effet d'un alambic en cuivre. Le liquide, avant d'y être introduit, doit avoir passé dans le réfrigérant, et s'être échauffé en refroidissant les vapeurs distillées. Il y a un résidu de goudron que l'on ôte de temps en temps. Dans certaines fabriques, cette distillation n'est point exécutée.

C'est dans cette distillation que l'esprit de bois se dégage. Il passe dans les premiers produits, et, comme il est très volatil, il s'en perd même beaucoup, si la condensation n'est pas faite avec des soins extrêmes. Ces premiers produits, recueillis à part, puis redistillés avec un petit excès de chaux, fournissent l'esprit de bois brut.

3700. On n'a pas trouvé, jusqu'ici, de bon moyen de dépouiller complètement l'acide pyroligneux des matières goudroneuses, autrement que par leur destruction au feu. Pour pouvoir les soumettre à un feu suffisant, on est obligé de combiner l'acide à une base, avec laquelle il forme un sel capable de résister à une haute température. C'est à l'état d'acétate de soude qu'on l'amène.

Il y a des fabriques où l'on sature directement l'acide par la soude du commerce. Le prix de cette matière est le seul obstacle qui s'oppose à l'admission générale de cette méthode, et qui fait que l'on a presque toujours recours à une autre plus compliquée.

On porte l'acide dans une grande chaudière en fonte ou en cuivre, et on ajoute une quantité de sulfate de soude proportionnelle à celle de l'acide. On chauffe le tout : le sel se dissout et on évapore jusqu'à 15° B. On fait dissoudre de la craie dans le mélange. Il y a effervescence et précipitation de sulfate de chaux. Ordinairement, la liqueur reste toujours acide quoique avec un excès de craie. On achève la saturation avec un peu de lait de

chaux. Il se sépare, pendant la neutralisation de l'acide, une certaine quantité de goudron qu'on enlève avec une écumoire. On fait évaporer un peu, de manière à amener la dissolution à marquer 16° à l'aréomètre : on laisse reposer et on décante. On pousse ensuite l'évaporation jusqu'à amener le liquide à 27 ou 28°, et on le porte dans des crystallisoirs en bois, qui consistent en de simples baquets. Après trois ou quatre jours, on recueille les cristaux d'acétate de soude, qui ont la forme de prismes rhomboïdaux assez volumineux, et sont très blancs pris isolément. Par de nouvelles concentrations, les eaux-mères donnent de nouveaux cristaux, et, quand elles refusent de cristalliser, on les fait évaporer à siccité. Le résidu brûlé donne du carbonate de soude.

La torréfaction de l'acétate de soude brut se fait dans une chaudière en fonte, vaste, mais peu profonde, où l'on met à chaque fois 400 kil. de ce sel. L'opération dure vingt-quatre heures. Il faut conduire le feu avec ménagement et brasser continuellement avec des ringards. Il ne doit pas se dégager de vapeurs fuligineuses. Quand la matière est en pleine fusion, et que la fonte est tranquille, l'action de la chaleur a été poussée à un point suffisant. C'est une opération fort délicate; lorsqu'elle arrive à sa fin, le sel devient pyrophorique, et brûlerait comme de l'amadou, s'il prenait feu par accident en un point quelconque.

On sépare le charbon laissé par le goudron, de l'acétate de soude torréfié, en dissolvant le sel dans l'eau. Ordinairement, on le laisse refroidir auparavant. Si l'on voulait tirer parti de sa chaleur, il faudrait le mettre en contact avec l'eau dans des baquets grands et solides; car il se produirait une forte explosion. La liqueur ne doit marquer que 15° B. pour que le charbon s'en sépare sans peine. Ensuite, on fait cristalliser le sel.

Pour extraire l'acide, on mêle l'acétate de soude cristal-

lisé avec de l'acide sulfurique étendu du tiers ou de la moitié de son poids d'eau. Pour 100 p. d'acétate, il faut 35 à 36 p. d'acide sulfurique concentré. Les cristaux d'acétate doivent être pulvérisés, et on doit verser tout d'un coup l'acide sur eux de manière à ce qu'il n'occupe, autant que possible, que la partie inférieure. On opère ensuite, peu à peu, le mélange des deux matières. On évite ainsi de perdre beaucoup d'acide acétique, qui serait volatilisé par la chaleur résultant de la réaction, si l'on mettait tout d'un coup en contact toutes les parties de l'acide et du sel. On laisse réagir pendant un temps suffisant, et le sulfate de soude se dépose presque en totalité sous forme de poudre ou de cristaux grenus. Un peu d'acétate de chaux suffirait pour débarrasser la liqueur du sulfate de soude, et formerait de l'acétate de soude et du sulfate de chaux insoluble. Il se forme beaucoup d'acide acétique cristallisé à la surface du liquide.

Ainsi préparé, l'acide pyroligneux retient une certaine quantité de sulfate de soude, et précipite conséquemment les sels barytiques. La présence de ce sulfate de soude est sans inconvénient; celle de l'acide sulfurique en aurait beaucoup. Pour s'assurer que ce n'est pas de l'acide sulfurique libre qui donne le précipité dans les sels de baryte, le procédé le plus simple et le plus sur consiste à distiller l'acide suspect à siccité. S'il renferme de l'acide sulfurique libre, on le retrouve dans le produit distillé. Si c'est du sulfate de soude, le résidu resté dans la cornue possède seul la propriété de précipiter les sels de baryte, et l'acide distillé en est tout à fait exempt.

3701. Tout l'ensemble de cette belle et curieuse industrie a été conçu et mis à exécution par M. Mollerat. Nous devons en faire ressortir deux points essentiels. Le premier, c'est la conversion de l'acide acétique en un acétate assez stable pour que la chaleur appliquée au goudron pût le modifier et le rendre insoluble sans que l'acétate lui-même fût altéré. Le second, c'est le parti heureux qu'on a tiré de l'insolubilité du sulfate de soude dans l'acide acétique, ce qui a permis d'isoler l'acide acétique sans distillation.

Enfin, il est de toute évidence que, si rien n'était perdu, le sulfate de soude, régénéré à la fin du travail, suffirait à la décomposition de l'acétate de chaux d'une opération nouvelle. On aurait donc consommé de la craie seulement,

c'est à dire la matière la moins chère qu'on puisse appliquer à un travail pareil.

3702. On peut aussi obtenir l'acide acétique, en distillant le mélange de l'acétate et de l'acide sulfurique. On purifie l'acide distillé de l'acide sulfurique et de l'acide sulfureux, qui passent avec lui dans le récipient, en le distillant sur de l'acétate de plomb, ou en y ajoutant la quantité exactement convenable de peroxyde de manganèse ou de peroxyde de plomb.

On prépare, du premier coup, l'acide acétique cristallisable, en décomposant dans un appareil distillatoire l'acétate de soude effleuri, par l'acide sulfurique concentré.

On a proposé pour la purification de l'acide pyroligneux quelques méthodes différentes de celle que nous avons décrite.

Schwartz a communiqué au gouvernement suédois un procédé qui ne diffère du précédent qu'en ce qu'on torréfie le pyrolignite de chaux immédiatement, au lieu de le convertir en pyrolignite de soude. Ce moyen donne une perte énorme d'acide acétique. On la rend toutefois moins forte, d'après les expériences d'Ackerman, en mêlant un grand excès de chaux à l'acétate avant de le griller.

Pasch prétend qu'il a décoloré l'acide pyroligneux distillé, en le faisant passer dans un filtre rempli de charbon de bois de bouleau calciné; il assure que l'addition d'une petite quantité de charbon animal, exempt de phosphate de chaux, suffit pour lui enlever l'odeur de brûlé qu'il conserve après cette filtration.

Stoltze a purifié l'acide pyroligneux par divers moyens fondés sur l'emploi des matières oxydantes.

Il mêle l'acide distillé avec environ 1/40 de son poids de peroxyde de manganèse bien pulvérisé; il laisse réagir pendant six heures à une température de 120° environ; il ajoute ensuite une quantité de charbon de bois calciné et pilé, égale à sept ou huit fois le poids du peroxyde de manganèse; il fait digérer le tout à la même température pendant une douzaine d'heures. Enfin, après ce temps, il distille la liqueur jusqu'à siccité.

On peut remplacer le peroxyde de manganèse par un poids égal d'acide sulfurique, ou par un mélange de peroxyde de manganèse et d'acide sulfurique, ou bien encore par un mélange de sel marin, de peroxyde de manganèse et d'acide sulfurique.

Quand on a fait usage d'acide sulfurique, le liquide retient de l'acide sulfureux : on le fait disparaître en ajoutant au charbon un peu de peroxyde de manganèse. Si, après la première distillation, il sentait encore l'empyreume, on le distillerait de nouveau avec 1/8 de son poids de charbon.

Tous ces procédés sont restés sans application. Si nous en parlons, c'est surtout pour éviter de fausses tentatives dans cette voie.

Pour imiter le vinaigre de vin, on étend l'acide pyroligneux purifié de huit fois autant d'eau, et on y ajoute un peu d'alcool et d'éther acétique. Mais le mélange de ces matières a un goût plus pénétrant que le vinaigre ordinaire. Il faudrait suppléer aussi à l'absence des matières salines et extractives qui adoucissent celui-ci. Quant à son influence sur l'économie animale, elle est absolument la même que celle du vinaigre produit par la fermentation, et n'offre pas de danger.

## CÉRUSE.

3703. De tous les sels de plomb, celui qui a reçu les plus nombreuses applications, c'est sans contredit le carbonate, connu sous les noms de *céruse*, de *blanc de plomb*, de *blanc d'argent*. Il est blanc, pulvérulent, insipide, insoluble dans l'eau ; il se dissout complètement et avec effervescence dans l'acide nitrique.

La céruse, dont l'histoire se lie étroitement à celle du vinaigre, était connue des Grecs et des Romains. Théophraste et Dioscoride ont décrit avec détail sa préparation, et Pline assure que celle qui était fabriquée à Rhodes était la plus estimée. Après la chute de l'empire romain, il paraît que ce sel fut d'abord fabriqué par les Arabes, puis à Venise, plus tard à Krems, ensuite en Hollande et en Angleterre. Pendant bien longtemps, ces deux pays ont été en possession de nous fournir la totalité de notre consommation ; il y a vingt-cinq ans à peine que cette fabrication est introduite en France, mais elle y a pris une telle extension, depuis cette époque, que maintenant il ne nous vient pas un seul kilogramme de céruse de l'étranger, quoique notre consommation augmente chaque année.

Tout le monde connaît les usages et les propriétés de la céruse; chacun sait qu'elle entre en très grande proportion

dans la peinture de bâtiments et de décoration; elle se mêle parfaitement à l'huile, s'y conserve sans couleur, s'étend aisément sous le pinceau, recouvre bien les surfaces qu'on veut enduire, et donne à la peinture la propriété de sécher rapidement; on l'emploie ou seule, ou avec d'autres couleurs pour leur servir d'excipient et leur donner du corps. Elle est aussi employée dans les fabriques de faïences pour la préparation des vernis ou couvertes, de préférence aux oxydes de plomb, à cause de sa grande ténuité et de sa facile suspension dans l'eau.

On a proposé, à diverses époques, un grand nombre de procédés de fabrication de la céruse; mais il en est quatre, entre autres, dont on s'est plus particulièrement occupé; ce sont :

1° Le procédé hollandais, par le fumier ou la tannée;

2° Le procédé de Clichy, par la précipitation;

3° Le procédé par la litharge et l'acétate de plomb;

4° Enfin, celui où l'on ne se sert que du plomb en grenailles, de l'eau et de l'air.

3704. Le procédé hollandais est presque exclusivement suivi, maintenant, dans la majeure partie des fabriques de céruse; il consiste à oxyder lentement le plomb dans des couches de fumier en fermentation, et à combiner l'oxyde de plomb, à mesure qu'il se produit, avec de l'acide carbonique.

Voici comment on procède :

Le plomb est fondu dans des chaudières en fonte et coulé dans de longues lingotières plates en tôle que l'on rechange à mesure qu'elles s'échauffent; un ouvrier verse le plomb dans la lingotière; un autre la renverse immédiatement : les lames varient quant à leurs proportions et leur épaisseur, néanmoins on fait en sorte que l'épaisseur ne dépasse pas deux millimètres. On contourne ces lames en hélices, et on les place dans des pots de terre vernis, contenant une certaine quantité de vinaigre; chaque pot porte deux rebords intérieurs ou mentonnets, sur lesquels repose l'hélice. On a remarqué que ces lames s'attaquent mieux par la partie externe que par celle qui a eu le contact de la lingotière; aussi, quand on les contourne en hélice pour les mettre dans les pots, a-t-on soin de placer en dehors la portion externe des lames : c'est cette circonstance qui a fait renoncer au plomb laminé dont les surfaces polies s'atta-

quaient difficilement, et qui lui a fait préférer le plomb coulé.

En Angleterre, on fait usage d'une lingotière qui permet de couler six plaques de plomb à la fois. C'est un moule divisé en six compartiments, en effet, et muni d'un jet mobile qui se transporte d'un moule à l'autre, et qui permet de mouler de nouveau, tandis qu'on débarrasse de ses lames le moule précédemment employé. Il serait d'ailleurs facile et convenable de disposer un petit appareil où s'opèrerait un moulage continu, les moules en nombre suffisant étant mis en mouvement par une chaîne sans fin et venant se présenter successivement à l'ouvrier mouleur et à celui qui ramasse les feuilles.

On emploie des vinaigres de qualité inférieure, tels que ceux qui proviennent des mélasses, de la bière, ou des grains.

Les pots sont portés dans une chambre ou loge, disposée de la manière suivante, pour former ce qu'on appelle une couche. Le long d'un mur de 6 à 7 mètres de hauteur on établit autant de séparations en planches qu'on veut former de loges ou cases; on donne ordinairement 6 mètres de profondeur sur 4 de largeur à ces cases, et on les recouvre d'une toiture quelconque. On étend sur le sol une couche de fumier neuf, d'un pied d'épaisseur environ, et par dessus une rangée de pots, côte à côte; on recouvre ceux-ci avec des lames entières; ça et là, on a soin de laisser deux ou trois pots découverts; ils sont pleins de vinaigre et ne contiennent pas de plomb; il y a ordinairement douze pots pareils par couche.

Par dessus la couche de pots, on met des pièces de bois de 3 pouces d'équarrissage à la distance de 2 pieds les uns des autres, et on les recouvre de planches. On met par dessus une nouvelle couche de fumier frais, puis une nouvelle rangée de pots, puis un nouveau plancher, et ainsi de suite jusqu'à ce que la couche ait atteint la hauteur convenable. On recouvre le tas de vieux fumier. A mesure qu'on l'élève, on garnit les parties qui touchent le mur avec du vieux fumier, ainsi que le devant de la couche, à l'épaisseur d'un pied; on a soin également de garnir le devant avec des planches, entre lesquelles on laisse des joints pour faciliter l'établissement d'un tirage, qu'on reconnaît facilement, en approchant une chandelle allumée de ces joints.

On reconnaît ainsi que l'air se précipite avec force dans le tas pendant toute la durée de l'opération, tandis qu'il s'échappe par le haut du tas, en raison de la faible densité que l'élevation de sa température lui communique.

La tannée fait le même usage que le fumier; elle s'emploie de la même façon : elle est moins sujette à produire ces émanations d'hydrogène sulfuré qui noircissent quelquefois tout d'un coup de fortes proportions du produit.

Chaque pot reçoit 1 kilog. de plomb environ ; les lames de recouvrement font à peu près moitié de ce poids, et dans chaque chambre on met en tout 10,000 kilog. de plomb.

On laisse l'opération, à elle-même, pendant trente-cinq à trente-six jours. On ne sait pas, au juste, à quel degré s'élève la température dans les diverses parties de la couche; elle est au moins de 50° à 1 pied de profondeur, mais au centre elle doit dépasser 100°, car il arrive souvent que les bois qui forment les planchers intérieurs sont complètement carbonisés, et certainement le plus grand vice de ce genre de fabrication consiste dans cette difficulté de régulariser et de maîtriser la température, car on remarque généralement que les parties voisines de la devanture et celles du haut de la couche sont les mieux attaquées, et ce sont justement celles où la température est la moins élevée; il est constant également qu'on obtient de meilleurs résultats en hiver qu'en été. En général, sur 10,000 kilogrammes de plomb employé, on ne retire guère qu'une moyenne de 5,000 kilogrammes de céruse.

Au bout de trente-cinq ou trente-six jours, ainsi que nous l'avons dit, on défait la couche avec précaution et on recueille la céruse et le plomb que l'on porte dans l'atelier de triage. Partout où le vinaigre a été en contact avec le plomb, la céruse est brunie, par l'extrait qui s'y est concentré. Par son contact accidentel, le fumier produit aussi cet effet, qui, le plus souvent néanmoins, provient de l'hydrogène sulfuré produit par l'élévation de la température.

On sépare à la main les écailles de céruse qui se détachent facilement, et on détache, au moyen d'une batte, celles qui sont adhérentes aux lames de plomb; on emploie quelquefois pour le même objet des cylindres en bois cannelés entre lesquels on fait passer les lames couvertes

de céruse; mais ce mode de triage ne vaut pas celui qui s'exécute à la main.

3705. La céruse ainsi séparée du plomb est soumise à l'action de meules verticales tournant par couples sur une meule dormante. En sortant de ces moulins, elle passe sous d'autres meules horizontales; elle entre à l'état de bouillie par le centre de la meule, et s'écoule par un point de la circonférence après avoir été broyée. Elle est empotée immédiatement dans des pots coniques en terre non vernis, de 4 pouces de diamètre sur 5 de haut. On la met dans des séchoirs bien aérés, où elle reste une douzaine de jours, après lesquels elle est dépotée et portée dans une étuve. Elle y reste exposée vingt à vingt-cinq jours à une température qu'on élève jusqu'à 50 à 60°, mais graduellement, car sans cette précaution les pains en sortiraient tous brisés. Il ne reste plus qu'à les envelopper de papier, à les ficeler et à les mettre en tonneaux pour les livrer à la consommation.

Tout ce travail ne se fait pas sans que les ouvriers exposés au contact des produits et des dissolutions, imprégnés de plomb de la tête aux pieds, ne soient exposés aux affections saturnines et n'y succombent souvent. On remarquera, sous ce rapport, les sages dispositions des fabriques anglaises, où la céruse, sortant des couches, arrive à l'empotage, sans que l'ouvrier y ait mis la main.

Les lames de plomb sortant des loges sont en effet transportées dans ces fabriques, au sommet du bâtiment, et là on les jette entre deux cylindres qui agissent sous l'eau, les broient et en détachent le carbonate de plomb. Le tout tombe dans une vaste cuve peu profonde dont le fond, percé de trous, amène de temps en temps de l'eau en jets tumultueux. La céruse détachée, et mise en suspension, s'écoule avec l'eau; les lames de plomb, ramassées avec des fourches et rejetées sur les cylindres, y repassent, jusqu'à ce qu'elles ne cèdent plus rien à l'eau : alors, elles reviennent aux couches de tannée, pour y subir une seconde fois l'action qui doit les convertir en carbonate.

Quand la céruse a été détachée, elle passe, du reste, dans des moulins successifs, et étagés de telle sorte que, tombant de l'un à l'autre, elle arrive d'elle-même, en pâte broyée convenablement, à l'atelier de moulage, où elle est mise en pains.

3708. Il est aisé, dans l'état actuel de la science, de se

rendre un compte exact de tous les phénomènes qui se manifestent pendant la formation de la céruse. Il est certain que cette production ne peut s'effectuer, dans le cas qui nous occupe, qu'autant que ce métal se trouve plongé dans une atmosphère chaude, humide et chargée tout à la fois d'acide acétique, d'oxygène et d'acide carbonique. Toutes ces conditions se trouvent réunies dans le procédé que nous venons d'indiquer; en effet, le fumier qu'on emploie a non seulement pour but de produire, par sa fermentation, l'élévation de température et l'humidité nécessaires; mais encore, il fournit une grande partie de l'acide carbonique qui entre dans la composition de la céruse. D'un autre côté, les courants d'air dont nous avons parlé, et qui s'établissent dans les couches, donnent l'oxygène indispensable pour oxyder le plomb et former le carbonate.

Ainsi, le plomb s'oxyde aux dépens de l'air, et se carbonate par l'acide carbonique dégagé du fumier; dès lors, à quoi sert l'acide acétique? évidemment, à produire de l'acétate de plomb tribasique, qui, décomposé par l'acide carbonique, donne au moins deux molécules de céruse et régénère une molécule d'acétate neutre ou acide de plomb. Ce dernier, rencontrant du plomb et de l'air, engendre bientôt de l'acétate tribasique. L'acide carbonique décompose de nouveau ce sel, et ainsi de suite.

Mais, il faut remarquer que ces réactions s'effectuent sur des dissolutions très concentrées, car elles se passent évidemment à la surface des lames, hors de tout liquide et dans un courant de gaz qui ne laisse à l'acétate tribasique ou à l'acétate neutre que l'eau qu'ils peuvent conserver ou prendre pour arriver à l'état de saturation. Ainsi, c'est plutôt sur des sels humides que sur des dissolutions que les phénomènes s'accomplissent. En outre, la transformation du plomb en céruse s'opère évidemment à la température de 60° en moyenne, et souvent à 100°.

D'où l'on voit, qu'en mettant de côté les moyens par lesquels s'obtiennent les corps réagissants, la fabrication de la céruse hollandaise se fait par l'action répétée de l'acide carbonique, sur l'acétate de plomb tribasique en dissolution saturée, ou même en masse humide à une température de 60 ou 80°.

J'ai attiré depuis longtemps l'attention des fabricants sur

cette concentration et cette température élevée, comme donnant la clef de toutes les difficultés que présentait la fabrication de la céruse.

C'est à elle que sont dus la nature spéciale de la céruse hollandaise, sa division extrême, l'absence de toute disposition cristalline, et par suite son opacité.

Il est probable que la céruse qui prend naissance dans ces conditions revêt immédiatement l'état solide, n'a pas le temps de cristalliser, et demeure conséquemment dépourvue de toute transparence.

Si l'on opère la décomposition du sous-acétate de plomb dans des liqueurs très étendues et froides, en ayant soin qu'il y ait excès d'acide carbonique, on obtient au contraire des lamelles de carbonate de plomb cristallisé et transparent.

Comme la céruse est destinée à couvrir le bois ou les murs, plus elle est opaque, mieux elle vaut. On reconnaît cette division extrême à un caractère dont les peintres se servent habituellement; ils veulent que la céruse ait la cassure conchoïde : celle-ci est en effet la preuve que les pains ont été faits d'une pâte très fine et très homogène.

3706. Lorsque les analyses de Bergmann, Chenevix et autres, eurent constaté que la céruse était de véritable carbonate de plomb, les chimistes purent la produire à volonté par la voie des doubles décompositions, et ils avaient le choix entre tous les sous-carbonates solubles et tous les sels de plomb solubles; mais il était une condition difficile à remplir, c'était d'établir ce produit au taux modique des céruses fabriquées en Hollande et en Angleterre. M. Thénard indiqua, vers 1801, un procédé qui par sa simplicité, par la régularité de sa marche, et par quelques unes des qualités de ses produits paraissait réunir toutes les conditions désirables; ce procédé fut d'abord mis en pratique par MM. Bréchoz et Leseur, à Pontoise, puis exploité sur une très grande échelle, par M. Roard, dans sa belle manufacture de Clichy.

Ce procédé consiste à prendre du sous-acétate de plomb et à faire passer dans la solution un courant de gaz acide carbonique qui précipite à l'état de carbonate l'oxyde de plomb ajouté à l'acétate neutre.

Voici comment cette opération s'exécute à Clichy.

On commence par faire directement le sous-acétate de

plomb au moyen de la litharge et de l'acide acétique étendu; on a employé d'abord l'acide pyroligneux, puis l'acide provenant de la fermentation des mélasses et de la dextrine; la dissolution de l'oxyde se fait facilement par simple trituration à froid dans de grands vases en bois, dans lesquels fonctionnent des agitateurs mis en mouvement par une machine à vapeur. Lorsque le liquide a atteint un degré de saturation (17 à 18° Beaumé), qu'il ne faut pas dépasser, car alors il se prendrait en masse, on le fait écouler dans des réservoirs intermédiaires dans lesquels se déposent les matières qui n'ont pas été attaquées par l'acide, et qui se composent de plomb, de fer, de cuivre, de parties terreuses et même de chlorure d'argent, dans la proportion de 4 à 6 millièmes environ.

Lorsque la dissolution est éclaircie, on la décante dans de grands bassins en bois couverts, doublés de cuivre étamé, fort étendus en surface et de peu de profondeur; là, on fait arriver l'acide carbonique lentement, par un très grand nombre de tuyaux, afin de multiplier le plus possible les points de contact. Cet acide peut être produit de différentes manières, suivant l'occurrence, soit par la décomposition d'un carbonate au moyen d'un acide, soit comme on l'a fait pendant longtemps à Clichy par la combustion du charbon de bois; soit de préférence par le moyen que j'ai indiqué et qu'on y emploie aujourd'hui, en décomposant le carbonate de chaux par la chaleur. Voici comment on opère : dans un fourneau cylindrique et vertical on met alternativement des couches de coke et de carbonate de chaux; on met le fourneau en communication avec les bassins qui contiennent la dissolution à précipiter, au moyen d'une vis d'Archimède qui vient puiser le gaz au sommet du fourneau et activer par conséquent la combustion, et le refouler à travers le liquide. A mesure que le carbonate de chaux est décomposé, on le retire par la partie inférieure du fourneau, et on le remplace par une nouvelle quantité qu'on verse par une ouverture ménagée à la partie supérieure; c'est aussi par là qu'on remplace le coke consommé.

Nous avons dit que les dissolutions marquaient ordinairement 17 à 18° à l'aréomètre de Beaumé, au moment où on les verse dans l'appareil de précipitation; après douze heures de marche, la densité s'est abaissée de 4 à 5°, c'est

à dire qu'elles marquent alors 12 à 13°. On arrête le dégagement de l'acide carbonique, on laisse reposer pendant quelque temps, puis on remonte le liquide dans les cuves dans lesquelles il se charge d'une nouvelle quantité d'oxyde de plomb.

Quand il s'est déposé dans les bassins de précipitation une assez grande quantité de céruse, on enlève le dépôt au moyen de pompes et on le verse dans des cuves dans lesquelles il est d'abord lavé avec une petite quantité d'eau qu'on réunit avec la première liqueur. Ensuite, on continue les lavages, jusqu'à ce que l'eau ne contienne plus sensiblement d'acétate de plomb. C'est alors, seulement, que le carbonate de plomb doit être mis à égoutter pour être enfin moulé dans les pots.

3707. Ce procédé, ainsi que nous l'avons dit, semblait réunir toutes les conditions possibles de succès et une grande supériorité sur le procédé hollandais : malheureusement, il a offert, dans la pratique et dans l'exploitation en grand, des inconvénients graves qu'on n'avait pu prévoir.

Quoi de plus ingénieux, en effet, et de plus rationnel en apparence, que le principe sur lequel il est fondé : on fait passer un courant d'acide carbonique dans le sous-acétate de plomb liquide; ce sel cède à l'acide gazeux une partie de l'oxyde qu'il contient; il se fait du carbonate de plomb qui se précipite. La liqueur, devenue neutre ou acide, peut dissoudre une nouvelle quantité d'oxyde de plomb égale à la première, que l'on précipite de nouveau, et ainsi de suite. Mais les choses ne se passent pas toujours avec cet ordre et cette régularité; d'abord il arrive quelquefois que si l'on dépasse le degré de saturation, tout le liquide se prend en un magma épais, blanc, d'un aspect crémeux, et qu'on ne parvient même pas à redissoudre complètement dans un excès d'acide concentré. Un autre inconvénient grave résulte aussi de la perte de l'acide acétique qui est entraîné dans les eaux du lavage, et de la nécessité de réunir la première de ces eaux à la liqueur, ce qui l'affaiblit considérablement, ce qui force à y ajouter un nouvelle quantité d'acide.

Mais, un autre reproche doit encore être adressé à ce procédé, et il a d'autant plus de gravité qu'il tient à la nature même du produit : il est bien reconnu maintenant

que la céruse, dite de Clichy, n'est pas chimiquement la même que celle qu'on obtient par le procédé hollandais. Cette dernière est plus divisée, plus opaque; elle couvre mieux, en un mot, tandis que celle qui est obtenue par précipitation est en particules plus transparentes, de telle sorte qu'il faut un plus grand nombre de couches pour produire le même effet.

3708. Ces différences entre la céruse de Clichy et les autres, tiennent certainement aux circonstances de température et de concentration dans lesquelles ces produits se forment. Nul doute qu'elles n'aient une grande influence sur l'agrégation et l'arrangement des molécules. Du reste, l'analyse chimique a démontré que dans ces deux produits les éléments n'étaient pas réunis dans les mêmes proportions.

M. Pallu, sur mes indications, en mettant en contact l'acétate de plomb tribasique en dissolution très concentrée et chaude avec l'acide carbonique, est parvenu à produire par le procédé français des céruses en tout comparables aux plus belles céruses de Hollande.

3709. On fait usage depuis quelque temps, en Angleterre, d'un procédé de fabrication qui a quelques rapports avec celui de Clichy, mais qui lui est de beaucoup supérieur, tant sous le point de vue économique que sous celui de la qualité de ses produits.

Voici comment on procède :

On humecte avec un centième d'acétate de plomb dissous dans l'eau, de la litharge très divisée ; cette pâte est placée dans de grandes auges en schiste, fermées par en haut et qui communiquent entre elles. Un courant d'acide carbonique impur, provenant de la combustion du coke placé dans un fourneau à réverbère alimenté par deux forts ventilateurs à force centrifuge, passe constamment à travers les couches d'oxyde. Ces ventilateurs exercent une pression suffisante pour faire passer le gaz à travers la masse de litharge.

Pour mettre toutes les particules en contact, des rateaux, mus par une machine à vapeur, agitent continuellement l'oxyde, et favorisent sa combinaison et sa transformation en acétate tribasique, en même temps qu'ils rendent plus aisée la décomposition de l'acétate basique par l'acide carbonique affluent.

On obtient ainsi de la céruse d'une grande blancheur et réunissant toutes les qualités de la meilleure céruse de Hollande.

Il est facile de se rendre compte de ce qui se passe dans cette opération fort simple et fort intéressante : l'acide carbonique mis en contact avec l'acétate de plomb tribasique qui imprègne la litharge, le décompose; l'acétate neutre, mis à nu, se combine avec une nouvelle proportion d'oxyde, et forme une nouvelle quantité d'acétate tribasique qui est décomposée à son tour et convertie en carbonate de plomb, et ainsi de suite, jusqu'à la transformation complète de tout l'oxyde de plomb en céruse.

Ce procédé est basé sur une idée tout à fait ingénieuse, s'il donne des produits d'aussi bonne qualité qu'on l'a prétendu, il paraît appelé à faire une révolution dans cette industrie, car il réunirait tous les avantages du procédé de Clichy, sans en avoir les nombreux inconvénients.

3710. On a beaucoup parlé, il y a quelque temps, d'un autre procédé qui devait renverser tous les autres, puisqu'il ne s'agissait de rien moins que d'obtenir la céruse sans vinaigre, sans fumier et sans acide carbonique artificiel; malheureusement jusqu'ici l'expérience n'est venue nullement justifier toutes les merveilles qu'on avait débitées à son sujet.

Il s'agissait tout simplement de mettre du plomb en grenaille dans de l'eau et d'agiter fortement; il se forme en effet un précipité blanc en quantité très minime et qui n'est pas de la céruse; c'est un mélange de carbonate et d'hydrate de plomb; néanmoins diverses tentatives, toutes infructueuses, ont été faites, tant en Angleterre qu'en France et en Hollande pour tirer parti de ce procédé; on l'a même modifié sans plus de succès en faisant intervenir un courant d'acide carbonique, mais la force considérable, nécessaire pour mettre en mouvement les appareils contenant l'eau et le plomb en grenaille, et le peu d'importance du produit obtenu, ont forcé de l'abandonner.

3711. M. Hochstetter a exécuté quelques recherches analytiques sur les diverses variétés de céruse; en voici les résultats :

1° La céruse, fabriquée par précipitation, dans les conditions où l'on s'est toujours placé dans la préparation en

grand n'est pas du carbonate neutre $Co^2$ PbO, mais bien une combinaison constante de carbonate et d'hydrate d'oxyde de plomb 2 ($Co^2$, PbO) + PbO, $H^2$ O. Toutes les fois que le courant d'acide carbonique n'a fait qu'amener l'acétate tribasique $\bar{A}$, 3PbO à l'état d'acétate neutre $\bar{A}$, PbO, le précipité depuis le commencement jusqu'à la fin est toujours 2($\ddot{C}O$, $\dot{P}b$) + $\dot{P}b$, $\dot{H}$. Lorsqu'on précipite $\bar{A}$, 3Pb O par une dissolution d'un carbonate alcalin, on obtient constamment un précipité formé aussi de

$$2\,(\ddot{C}O,\ \dot{P}b) + \dot{P}b,\ \dot{H}$$

et la liqueur devient alcaline.

Ainsi, l'existence d'un composé formulé comme ci-dessus ne saurait être contestée.

Il n'en est plus de même, si on prend une dissolution étendue et chaude d'acétate neutre; l'acide carbonique, en courant continu, en précipite du carbonate neutre C $O^2$, PbO et la liqueur devient très acide; la quantité qu'on peut ainsi précipiter est d'autant plus grande que la liqueur est plus étendue.

Lorsqu'après avoir amené l'acétate tribasique $\bar{A}$, 3PbO à l'état d'acétate neutre, par l'acide carbonique, en précipitant 2 atomes de PbO, sous forme de 2 ($CO^2$ PbO) + PbO, $H^2$ O, on continue le courant; le précipité change de nature et devient du carbonate neutre.

$$3\,(\bar{A},\ PbO) + 4\ CO^2 = 4\,(CO^2,\ PbO) + 2\,(PbO,\ H^2O)$$
$$\text{ou bien } 2\,(CO^2,\ +PbO,\ H^2O\,PbO) + 3\,(\bar{A},\ PbO)$$

Ainsi, par le procédé français, on peut obtenir à volonté du carbonate de plomb neutre ou du carbonate mêlé d'oxyde hydraté.

L'auteur a constaté que le sous-acétate de plomb, à l'état solide, peut par son exposition à l'acide carbonique humide donner une assez grande quantité de carbonate neutre de plomb, surtout à une température de 30 ou 40°; c'est

dire que dans le procédé hollandais, il doit se faire en partie du carbonate neutre.

Cependant, d'après M. Mülder, les céruses fabriquées par le procédé hollandais ne seraient pas du carbonate neutre, mais des combinaisons variables et souvent assez compliquées de $CO^2$, PbO et $H^2O$, PbO telles que

$$3(PbO, CO^2) + PbO, H^2O \text{ ou bien } {}^3/_2(PbO, CO^2) + PbO\,H^2O;$$
$$\text{ou bien enfin } 7\,(PbO, CO^2) + PbO\,H^2O, \text{ etc.}$$

M. Hochstetter rejette toutes ces formules, comme n'appartenant pas à des composés définis, et il ne veut voir dans ces sortes de céruses que des mélanges variables de $CO^2$ PbO et de $2\,(CO^2, PbO) + H^2O, PbO$, mais dans lesquels le carbonate neutre est presque toujours de beaucoup prédominant.

L'infériorité de qualité des céruses obtenues par le procédé français, ayant été attribuée à un état cristallin, l'auteur a examiné comparativement au microscope des céruses françaises et hollandaises avec un grossissement de 800 diamètres. Or, les unes et les autres ne paraissent pas différer entre elles et n'offrent aucun indice de structure cristalline; les différences, eu égard à la faculté de couvrir, ne paraissent donc pas tenir à cette cause; il n'ose pas se prononcer et attribuer ces différences à la différence de composition des céruses fabriquées par l'un ou l'autre de ces procédés.

Tout serait expliqué, ajoute M. Hochstetter, si, en réalisant dans la fabrication française la production d'un carbonate neutre par précipitation, le produit ainsi obtenu possédait la faculté de couvrir au même degré que les céruses hollandaises; on aurait même un produit préférable, puisqu'on reproche aux céruses hollandaises un défaut de consistance. Or, telle est précisément l'expérience faite en grand par M. Pallu, d'après mes indications, expérience qui a fourni au commerce d'excellents

produits, obtenus en précipitant à chaud par l'acide carbonique, le sous-acétate de plomb très concentré.

## CHAPITRE X.

### CORPS GRAS NEUTRES.

Chevreul, *Recherches sur les corps gras d'origine animale.*

Braconnot, *Mémoire sur la nature des corps gras;* Annales de chimie, t. 93, p. 225.

Th. de Saussure, *Observations sur ..... et sur quelques substances huileuses;* Annales de chimie et de physique, t. 13, p. 259 et 357.

Bussy et Lecanu, *De la distillation des corps gras,* Journal de pharmacie, t. 11, p. 353; idem, t. 12, p. 617; idem, t. 13, p. 57.

F. Boudet, *De l'action de l'acide hyponitrique sur les huiles et des produits qui en résultent,* Annales de chimie et de physique, t. 50, p. 391.

Frémy, *Action de l'acide sulfurique sur les huiles,* Annales de chimie et de physique, t. 65, p. 113.

3712. On trouve dans les plantes et dans les animaux des matières grasses, diverses de consistance, que le commerce et l'économie domestique distinguent sous ce rapport en quatre groupes principaux: les huiles grasses, les graisses, les suifs et les beurres. A la température ordinaire, les premières sont liquides, les derniers solides; c'est donc le point de fusion seul qui a servi de guide dans ce classement. On désigne plus particulièrement sous le nom de beurres les matières grasses provenant de diverses espèces de lait. M. Chevreul a fait voir que tous ces produits renfermaient des acides stéarique, margarique ou oléique unis à la matière que Schéele appelait principe doux des huiles, et qu'on nomme aujourd'hui glycérine. Ce sont donc des mélanges

de stéarate, de margarate ou d'oléate de glycérine ; composés neutres qu'on est convenu de désigner sous les noms de stéarine, margarine et oléine. Quelquefois, mais très rarement, ces matières se trouvent unies en proportions atomiques; dans la presque totalité des cas, elles sont mélangées en toutes proportions.

Dans les plantes, c'est surtout le fruit ou plutôt la graine qui se montre riche en matière grasse. Le rôle qu'elle y joue n'a rien d'équivoque; elle est destinée à développer de la chaleur, en brûlant, au moment de la germination.

En général, la matière grasse des plantes est enfermée dans les cellules, sous forme de gouttelettes. Si on examine l'amande ordinaire ou quelque semence émulsive analogue, au moment où elle se développe, on voit que le tissu cellulaire se présente d'abord parfaitement pellucide et plein d'une liqueur incolore et transparente. Peu à peu, à mesure que le fruit murit, la cellule se remplit de gouttelettes oléagineuses, qui vont sans cesse augmentant en nombre et en volume. En même temps, un dépôt de matière azotée, la synaptase, se forme dans le liquide qu'il trouble et sur la paroi interne de la cellule qu'il épaissit et dont il détruit la transparence.

Si l'huile est enfermée ainsi dans des cellules closes de toutes parts; si elle s'y présente toujours après que la cellule est formée; si sa quantité s'accroît à mesure que le fruit mûrit, il faut bien que l'huile, prenant naissance ailleurs, arrive dans la cellule par endosmose.

Dans les animaux, les graisses ou suifs sont évidemment mis en réserve aussi pour la respiration qu'ils alimenteraient au besoin, si la nourriture venait à leur manquer. Mais ici, chaque cellule renferme une grosse goutte de matière grasse qui la remplit. Les cellules juxta-posées en se déprimant mutuellement, prennent des formes polyédriques. L'aspect de ces cellules diffère, du reste, selon

qu'on les observe sèches ou mouillées. Il suffit du moindre attouchement, du moindre effort pour les rompre.

Tout porte à croire que les matières grasses prennent naissance dans les feuilles; que de là, elles vont se déposer autour de l'embryon et en général dans la semence même; quelquefois, mais bien rarement, dans le péricarpe charnu. Ce sont ces matières grasses qui passent dans les animaux herbivores et de ceux-ci dans les animaux carnivores.

Ainsi, tout porte à croire que ces matières grasses que l'industrie consomme; que les carnivores brûlent dans l'acte de leur respiration; que les herbivores emmagasinent à l'engraissement; que les semences elles-mêmes concentrent pour les brûler, sont des produits créés par la végétation et prenant naissance dans les feuilles vertes.

Il est facile de s'expliquer ainsi, comment nous n'avons pu jusqu'ici imiter ces produits les former artificiellement. En général, le travail qui se produit dans les feuilles vertes échappe à nos moyens de synthèse.

3713. Les corps gras naturels primitifs commencent à se modifier dans le fruit ou dans les animaux. Nul doute que la stéarine ne précède la margarine, qui est très probablement un produit déjà oxydé. A mesure que cette oxydation marche, on voit apparaître les acides gras volatils ou plutôt les combinaisons glycériques correspondantes.

En effet, de même que les acides stéarique, margarique, oléique, figurent dans les êtres organisés à l'état de stéarine, margarine et oléine, de même les acides butyrique, phocénique, caprique ou hircique, figurent dans l'économie des animaux ou des plantes à l'état de butyrine, de phocénine ou d'hircine, c'est à dire sous forme de sels glycériques.

La stéarine est donc le produit primitif; elle se trouve dans les feuilles; le suif des herbivores contient déjà de la margarine; le suif des carnivores en renferme davantage encore; le beurre ne contient pas de stéarine. Nous

ne connaissons pas bien le rapport qui lie l'oléine et les deux autres matières. Mais il est incontestable que les sels glycériques formés par les acides volatils se présentent dans la nature organisée partout où la stéarine, la margarine et l'oléine ont été exposées à une oxydation plus ou moins énergique, et il est toujours facile en effet, de dériver les acides volatils des autres par une simple oxydation.

Il faut donc ajouter aux matériaux des corps gras neutres naturels les sels glycériques produits par des acides volatils. Ils sont rarement en quantité considérable ; mais, par la saveur et l'odeur qu'ils communiquent aux matières grasses, toutes les fois que leurs acides deviennent libres, ces sels glycériques à acides volatils jouent un rôle très important dans les matières grasses alimentaires.

Comme la margarine est plus fusible que la stéarine, nous pouvons prévoir que les herbivores fourniront les suifs proprement dits, riches en stéarine; les carnivores les graisses riches en margarine; les graines offriront elles-mêmes des matières grasses déjà modifiées et où la margarine abonde.

On ne doit donc point s'étonner que les matières grasses varient de consistance d'une plante, d'un animal à l'autre; mais même d'un organe à l'autre dans la même plante, ou dans le même animal. Tout le monde sait que dans les animaux la graisse est plus dure dans le voisinage des reins que dans l'épiploon ou le mésentère. Elle peut même se présenter dans certains cas morbides, sous forme calculeuse en quelque sorte, mais alors elle est probablement dans un état analogue à cette matière sébacée extraite d'une tumeur du sein, par M. Lisfranc, et où l'analyse n'a fait voir que du margarate de chaux à peu près pur.

3714. Pour extraire les matières grasses des produits qui les renferment, il suffit en général de briser les cellules. Tel est l'effet que la chaleur produit sur les graisses ani-

males; elle dilate la matière grasse, la vésicule crève et le corps gras s'écoule. Aussi, suffit-il de fondre les suifs et les graisses pour les obtenir purs. Cette méthode est inapplicable aux graines oléagineuses, le tissu cellulaire y est trop abondant, il faut détruire les cellules par la trituration et en comprimer la matière à la presse; l'huile s'en écoule, surtout si on presse à chaud. Mais ceci suppose que la matière grasse est assez abondante, car s'il y en a peu, la pression est insuffisante pour l'expulser.

On trouvera quelquefois utile, en pareil cas, de la déplacer par l'eau. On mouille la poudre et on comprime, il coule un mélange d'eau et d'huile. Ce procédé est mis à profit dans l'extraction des huiles de graines.

Enfin, lorsque ces moyens ne fournissent pas de matière grasse, il est encore presque toujours possible d'en extraire des matières organisées au moyen de l'éther ou de l'alcool. Il en est peu qui n'en renferment.

3715. Les corps gras obtenus par fusion ou pression, les seuls dont nous ayons à nous occuper ici, sont solides, mous ou liquides à la température ordinaire. Les moins fusibles ne résistent guère à une température de 30 ou 40°. Les plus liquides se solidifient presque toujours à quelques degrés au dessous de 0. Comme les corps gras constituent des dissolutions de stéarine ou de margarine dans l'oléine, plus ou moins saturées, on conçoit que la solidification d'un corps gras n'est en effet pas autre chose que la cristallisation de la stéarine ou de la margarine dans une huile mère, qui en demeure saturée, pour la température à laquelle la matière grasse a été portée.

On peut donc, comme l'a fait voir M. Braconnot, par la simple pression du corps gras solidifié, entre des doubles de papier sans colle, obtenir d'une part le produit solide, et de l'autre l'huile mère liquide qui imbibe le papier.

Pour débarrasser entièrement le produit solide de la matière liquide, il est souvent bon d'augmenter sa liquidité,

et on y parvient en fondant le produit solide brut, résidu des premières pressions, avec un peu d'essence de térébenthine, laissant solidifier la matière et exprimant de nouveau. L'oléine rendue plus liquide par l'addition de l'essence, passe dans le papier tout entière.

Outre les cristaux de stéarine et de margarine que le refroidissement fait déposer dans les matières grasses, il cristallise en quelques occasions, comme MM. Pelouze et Boudet l'ont vu pour les matières solides de l'huile d'olives et du beurre de cacao, une substance qui consiste en un véritable composé de margarine et d'oléine.

Les expériences suivantes de M. Braconnot donneront une idée générale de ces résultats; elles expriment la proportion de matière solide et de matière liquide fournies par la pression pour quelques matières grasses communément employées, dont nous donnerons d'ailleurs plus loin une étude détaillée :

| | Matière solide pour 100 | |
|---|---|---|
| Beurre de vache des Vosges en été.. | 40, | fusible à 57° |
| Beurre de vache des Vosges en hiver | 65, | idem |
| Graisse de porc..... | 30, | un peu au dessus du blanc de baleine |
| Moelle de bœuf..... | 76, | un peu au dessus de 61° |
| Idem de mouton..... | 26, | fusible à 51° |
| Graisse d'oie..... | 32, | » » 44° |
| Idem de canard..... | 28, | » » 52° |
| Idem de dindon..... | 26, | » » 45° |
| Huile d'olives..... | 28, | » » 20° |
| Idem d'amandes..... | 24, | » » 6° |
| Idem de colza..... | 46, | » » 7°,5 |

3716. Ordinairement, les matières grasses sont incolores ou colorées d'une teinte jaunâtre qui est presque toujours particulièrement due à la coloration de la partie liquide. Dans quelques cas, cette couleur se détruit aisément sous l'influence de la lumière ; nous verrons plus loin, à l'occasion de l'huile de palme, comment l'industrie a tiré parti de cette propriété.

Les graisses sont par elles-mêmes sans saveur et sans odeur ; mais elles prennent souvent une saveur désagréable et une odeur persistante et pénétrante ; résultats, toujours dus à la destruction d'un composé glycérique renfermant des acides volatils, qui, une fois mis en liberté, manifestent leur présence par l'odeur et la saveur qui les caractérisent. Dans beaucoup de cas, ces acides deviennent libres par suite d'une véritable fermentation. Sous l'influence de l'eau et d'une matière animale faisant fonction de ferment, les sels glycériques, produits par ces acides volatils, se détruisent. La glycérine devient libre en s'hydratant. Les acides s'hydratent aussi et deviennent libres de leur côté. La présence d'une matière animale seule ne suffirait pas pour produire ce phénomène ; il faut le concours de l'eau et de l'air, comme nous l'avons vu : l'eau pour hydrater les produits ; l'air pour transformer la matière animale en ferment.

Mais tout prouve que ce n'est pas seulement ainsi que les matières grasses s'altèrent et prennent l'odeur pénétrante et la saveur caustique qui accompagnent la rancidité. Sans aucun doute, il se produit alors des acides gras volatils, aux dépens des acides gras fixes, par les mêmes procédés d'oxydation, qui engendrent ces derniers dans l'économie animale.

La densité des graisses est toujours plus faible que celle de l'eau. Elle varie, du reste, beaucoup par la chaleur ; car, les matières grasses sont des produits très dilatables, surtout vers les hautes températures qu'elles peuvent supporter. Voici quelques exemples, d'après M. Th. de Saussure :

| | | |
|---|---|---|
| Graisse de porc figée..... | 0,938 | à 15° |
| idem liquide... | 0,892 | à 50° |
| | 0,881 | à 69° |
| | 0,863 | à 94° |

Comme les besoins de l'industrie peuvent exiger asse.

souvent l'emploi de ces nombres, nous ajouterons les suivants :

| | 12° | 25° | 50° | 94° |
|---|---|---|---|---|
| Huile de noix..... | 0,928 | 0,919 | » | 0,871 |
| Huile d'amandes..... | 0,920 | » | » | 0,863 |
| Huile de lin ..... | 0,939 | 0,930 | 0,921 | 0,881 |
| Huile de ricin..... | 0,970 | 0,957 | » | 0,908 |
| Huile d'olive..... | 0,919 | 0,911 | 0,893 | 0,862 |

M. de Saussure a essayé de tirer quelque parti de ces observations au point de vue de la physique moléculaire, mais ses remarques n'ont fait que démontrer qu'il faudrait opérer sur des corps purs, comme la stéarine, la margarine, l'oléine, pour arriver à quelque conclusion digne d'intérêt. Ce travail, possible maintenant, se recommande à l'attention des observateurs.

En continuant à chauffer les matières grasses, elles se colorent, fument et bouillent enfin, vers 250, 300 et même 320°, selon l'espèce sur laquelle on opère. Ainsi, tandis que l'huile de ricin bout à 265°, l'huile de noix, l'huile d'olive ne bouillent que vers 320°.

Mais il ne faut pas s'y méprendre, le terme de l'ébullition des huiles et des graisses n'exprime pas une transformation pure et simple de la matière en vapeurs. Les matières grasses ne sont réellement pas volatiles, sans décomposition. La base glycérique se détruit et se convertit en produits volatils ou gazeux; les acides gras se volatilisent ou se convertissent en produits volatils, mais toujours acides; il ne se développe qu'une faible quantité de gaz carbonique ou de gaz carburés et il reste à peine un résidu appréciable de charbon.

Tous les corps gras qui renferment une base glycérique donnent à la distillation un produit acre, odorant, excitant le larmoiement; c'est l'acroléine de M. Berzélius.

Tous les corps gras qui renferment de l'acide oléique

fournissent de l'acide sébacique. En outre, ils donnent un produit liquide acide fort analogue à l'acide oléique lui-même.

Tous les corps gras qui renferment de la margarine ou de la stéarine, produisent à la distillation de l'acide margarique pur, ainsi que l'ont constaté MM. Bussy et Lecanu. L'acide stéarique, en effet, ne résiste pas à la distillation; celle-ci le convertit en acide margarique.

Le produit distillé, du moins celui qui passe au commencement de l'opération, se fige presque toujours, et présente une masse confusément cristallisée. Les alcalis le dissolvent en entier. A la fin, le produit plus liquide renferme une huile volatile que les alcalis ne dissolvent pas.

Tous ces caractères ne s'appliquent point à l'huile de ricin, qui offre sous tous les rapports des particularités que nous examinerons plus loin.

La faculté conductrice des huiles commerciales pour l'électricité n'est point égale; c'est sur cette propriété que se fonde le diagomètre de Rousseau. L'huile d'olives conduit 675 fois moins vite que les autres. Deux gouttes d'huile de faine ou d'œillette, versées dans dix grammes d'huile d'olive, quadruplent son pouvoir conducteur, assure M. Rousseau, ce qui peut dépendre de la présence de quelques traces d'acide sulfurique restant de l'épuration.

La lumière n'exerce aucune action sur les huiles, abstraction faite du moins, de leur matière colorante et du concours de l'air.

3717. L'oxygène et l'air exercent sur les matières grasses une influence dont il importe de peser les moindres circonstances. M. de Saussure qui a étudié la question avec soin a reconnu que les huiles fixes récentes n'exercent sur l'oxygène pendant longtemps qu'une action à peine sensible. Tout à coup elles subissent plus tard un changement d'état, qui les dispose à en absorber de grandes quantités.

Une couche d'huile de noix de six millimètres d'épais-

seur sur le mercure à l'ombre dans du gaz oxygène pur, n'en a absorbé qu'un volume égal au plus à trois fois celui de l'huile pendant huit mois; puis tout d'un coup dans les dix premiers jours du mois d'août, elle en a absorbé soixante fois son volume. L'absorption s'est ralentie ensuite. A la fin d'octobre, l'huile avait absorbé cent quarante cinq fois son volume d'oxygène, en formant vingt et une fois son volume d'acide carbonique. Elle n'avait point produit d'eau. Elle s'était convertie d'ailleurs en une gêlée transparente qui ne tachait plus le papier.

Telle est la marche et telles sont les principales circonstances d'un phénomène qui se rattache, comme on voit à la propriété que certaines huiles possèdent de se convertir en un véritable vernis, en se desséchant à l'air. Nous reviendrons plus bas sur cette particularité.

Mais, puisque les huiles ont la propriété d'absorber de l'oxygène, la combinaison doit produire de la chaleur. La formation d'acide carbonique, qui s'effectue, doit en produire également. Si cette oxydation s'opère brusquement, il y a lieu de penser que la chaleur s'élèvera non seulement d'une manière sensible, mais bientôt au point de produire une véritable inflammation de la matière grasse.

Ce phénomène se produit en effet et nous donne une facile explication de ces inflammations spontanées si nombreuses et si fréquentes qui accompagnent le maniement et l'emploi des huiles fixes.

Un peintre venait de frotter son tableau avec une bourre de coton imprégnée d'huile siccative; en jetant ce coton, il s'enflamma subitement en l'air.

Dans les pharmacies, quand on a fait bouillir des plantes avec des corps gras et qu'on jette le résidu exprimé, on a cent fois remarqué que la température du tas s'élève peu à peu et arrive bientôt au point où la masse peut s'enflammer.

Dans les fabriques de rouge d'Andrinople, on sait qu'il

faut de grands soins pour prévenir l'inflammation du coton huilé. Si on l'entassait, elle serait presque infaillible.

Dans les théâtres, l'atelier du lampiste présente de nombreux accidents d'incendie attribués, mal à propos, à la négligence et qui tiennent le plus souvent à l'inflammation spontanée des chiffons gras qui ont servi à essuyer les lampes.

Toutes ces circonstances nous apprennent que les corps gras qui sont divisés dans des matières poreuses et qui se présentent ainsi à l'air sous une surface très développée, absorbent l'oxygène bien plus rapidement, en bien plus grande quantité et se trouvent ainsi dans les conditions les plus favorables à la production de la chaleur et par suite à l'inflammation.

Elles nous font voir, comment dans une graine oléagineuse qui germe, l'huile et le tissu végétal fonctionnent, l'une pour s'oxyder et l'autre pour diviser le corps gras, le rendre perméable et favoriser ainsi son oxydation.

Et puisque ces oxydations, tant que la température ne s'élève pas assez pour en faire une véritable combustion, donnent naissance à des corps volatils et odorants, on voit combien tous ces faits se lient de près au phénomène du développement des odeurs dans les plantes comme dans les animaux.

Enfin, il est quelques matières grasses qui se comportent d'une manière particulière, et qu'à ce titre on nomme des huiles siccatives. En effet, elles ont la propriété de se résinifier plus ou moins promptement à l'air. Les huiles de lin, de noix, d'œillette, etc., sont dans ce cas.

Les huiles siccatives renferment une oléine spéciale. C'est en elle que réside cette propriété, qui s'exalte du reste, quand on dissout dans l'huile trois ou quatre centièmes de son poids d'oxyde de plomb.

Le chlore, le brôme, attaquent les huiles, forment des acides avec leur hydrogène, et produisent des acides

chlorés qui n'ont pas été étudiés, mais dont la formation doit empêcher qu'on emploie le chlore ou les chlorures au blanchiment des huiles. Il resterait toujours un produit chloré pour résidu, et en brûlant de telles huiles, on produirait toujours de l'acide chlorhydrique.

3718. Parmi les corps composés, il en est quelques uns qui ont été plus particulièrement étudiés dans leurs rapports avec les matières grasses, ce sont les bases alcalines, l'acide sulfurique concentré, l'acide azotique, l'acide hypoazotique, le nitrate de mercure, l'acide sulfureux.

Les bases alcalines transforment les matières grasses en savons. Nous ne voulons pas étudier ici ces produits qui vont faire l'objet d'un chapitre spécial, et nous nous bornerons à dire que depuis les expériences de M. Chevreul, on sait que la formation des savons consiste en un simple déplacement de la base glycérique par une base minérale, déplacement qui peut se représenter et s'expliquer de la manière suivante, d'après les expériences de M. Chevreul.

100 parties de graisse de mouton donnent par la saponification 8,0 parties de glycérine et un savon d'où l'acide tartrique sépare 96,5 parties d'acide gras; en tout 104,5 parties. Il s'est donc fixé 4,5 d'eau.

100 parties de graisse de porc donnent 8,8 de glycérine et 95,9 d'acide gras; en tout 104,7, d'où 4,7 d'eau fixée.

100 parties de graisse d'homme donnent 9,66 de glycérine et 96,18 d'acide gras; en tout 105,84, d'où 5,84 d'eau fixée.

Cette eau se fixe en partie sur les acides pour les hydrater, en partie sur la glycérine.

Ainsi, quand on saponifie une matière grasse, les stéarate, margarate et oléate de glycérine qui sont anhydres, se convertissent en glycérine hydratée et en stéarate, margarate ou oléate de potasse ou de soude. Vient-on ensuite

à décomposer le sel formé par l'acide tartrique, il se précipite des acides hydratés.

Nous ne savons pas encore reproduire au moyen de ces acides hydratés et de la glycérine hydratée elle-même, les corps gras neutres d'où ils ont été extraits.

Quand on traite les matières grasses par l'acide sulfurique concentré, celui-ci s'empare de la base glycérique pour former de l'acide sulfoglycérique. Les acides gras devenus libres se combinent également à l'acide sulfurique, mais d'une manière transitoire et se convertissent en acides nouveaux que nous étudierons plus loin, d'après M. Frémy.

L'acide azotique, l'acide hypoazotique, le protonitrate de mercure et dans certains cas l'acide sulfureux, jouissent de la singulière propriété de transformer l'oléine non siccative, en une substance solide, l'élaïdine.

Cette propriété reconnue par M. Poutet, pharmacien distingué de Marseille, dans le protonitrate de mercure, permet de distinguer des autres huiles les huiles qui renferment de l'oléine non siccative, de distinguer conséquemment l'huile d'olives de l'huile de graine.

Il suffit de mêler l'huile d'olive avec du nitrate de protoxyde de mercure ou de l'acide hypoazotique pour voir, au bout de quelques heures, le mélange se solidifier, si on opère sur l'huile d'olive. L'huile de graines, en pareil cas, demeure liquide; des mélanges de ces huiles prennent des consistances plus ou moins marquées.

3719. On remarquera que les principes acides des huiles ou graisses sont toujours moins fusibles que les graisses elles-mêmes. Les exemples suivants ne laissent aucun doute à cet égard :

| | Point de fusion | | Point de fusion |
|---|---|---|---|
| Myristine.... | 31° | Acide myristique.... | 49° |
| Élaïdine..... | 32° | Acide élaïdique..... | 45° |
| Margarine.... | 45° | Acide margarique... | 60° |
| Stéarine..... | 62° | Acide stéarique..... | 70° |

On élève donc d'environ 15° le point de fusion d'une matière grasse, en la convertissant en acide libre. De là, tout l'intérêt de la fabrication des bougies stéariques, c'est à dire de la conversion du suif en acide stéarique pour la fabrication des bougies.

Comme il y a certaines huiles qui sont appliquées à la fabrication de l'éclairage au gaz, comme aussi on est souvent forcé de calculer les consommations relatives à la combustion des huiles appliquées directement à l'éclairage, il est nécessaire de placer ici les analyses élémentaires de diverses matières grasses. On les trouvera dans le tableau suivant :

| | Carbone | Hydrogène | Oxygène |
|---|---|---|---|
| Graisse de mouton..... | 79,0 | 11,7 | 9,3 |
| Graisse de porc..... | 79,0 | 11,1 | 9,7 |
| Graisse d'homme..... | 79,0 | 11,4 | 9,6 |
| Huile de noix..... | 79,7 | 10,5 | 9,1 |
| Huile d'amandes..... | 77,4 | 11,5 | 10,8 |
| Huile de lin..... | 76,0 | 11,5 | 12,6 |
| Huile de ricin..... | 74,0 | 11,0 | 14,7 |

Les analyses des graisses ont été exécutées par M. Chevreul; celles des huiles par M. Th. de Saussure. Quoique les nombres qui les expriment puissent être modifiés légèrement par de nouvelles recherches, on peut les regarder comme parfaitement convenables à toutes les études industrielles.

3720. Les recherches classiques de M. Chevreul ont fait voir que presque tous les corps gras consistent en véritables sels dont l'acide jouit des propriétés générales des matières grasses, et dont la base se transforme en glycérine en s'appropriant de l'eau.

D'après M. Pelouze, la glycérine renferme :

$$C^{12}\ H^{16}\ O^{6}$$

mais dans les sels qu'elle forme, elle contiendrait

$$C^{12}\ H^{14}\ O^{5}.$$

Il paraît néanmoins qu'elle pourrait encore perdre l'eau et se réduire ainsi à

$$C^{12}\ H^{8}\ O^{2} = 2\,C^{6}\ H^{4}\ O$$

qui serait d'après M. Stenhouse le véritable équivalent de la base glycérique. On aurait donc, en appliquant ici les formules de la série alcoolique,

$C^{6}\ H^{4}$ glycérile,
$C^{6}\ H^{4}\ O$ éther glycérique,
$C^{6}\ H^{4}\ O,\ H^{2}\ O$ alcool glycérique,
$C^{6}\ H^{4}\ O,\ 2\ H^{2}\ O$ glycérine libre.

Les acides gras qui unis à l'éther glycérique forment les corps gras naturels, appartiennent eux-mêmes presque tous à une série qui va servir à les caractériser, tout en indiquant d'un seul trait les nombreuses et importantes découvertes que leur étude promet encore. Voici cette série, à laquelle il est presque inutile de rien ajouter :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{68}\ H^{68}\ O^{4}$ | acide margarique ; fusible.... | à 60° |
| $C^{64}\ H^{64}\ O^{4}$ | acide éthalique..... | à 56° |
| $C^{60}\ H^{60}\ O^{4}$ | ..... | |
| $C^{56}\ H^{56}\ O^{4}$ | acide myristique..... | à 49° |
| $C^{52}\ H^{52}\ O^{4}$ | acide cocinique..... | à 35° |
| $C^{48}\ H^{48}\ O^{4}$ | ..... | |
| $C^{44}\ H^{44}\ O^{4}$ | ..... | |
| $C^{40}\ H^{40}\ O^{4}$ | ..... | |
| $C^{36}\ H^{36}\ O^{4}$ | acide caprique?..... | à 25° |
| $C^{32}\ H^{32}\ O^{4}$ | acide rocellique?..... | |
| $C^{28}\ H^{28}\ O^{4}$ | acide œnanthylique..... | |
| $C^{24}\ H^{24}\ O^{4}$ | acide caproïque ?..... | |
| $C^{20}\ H^{20}\ O^{4}$ | acide valérianique..... | |
| $C^{16}\ H^{16}\ O^{4}$ | acide butyrique?..... | |
| $C^{12}\ H^{12}\ O^{4}$ | ..... | |
| $C^{8}\ H^{8}\ O^{4}$ | acide acétique..... | 17° |
| $C^{4}\ H^{4}\ O^{4}$ | acide formique..... | au dessous de zéro. |

Il est facile de voir enfin que l'acide stéarique renferme le même radical que l'acide margarique et qu'il en est de même de l'acide œnanthique, relativement à l'acide œnanthylique. On a, en effet :

Acide stéarique..... $C^{136} H^{140} O^{7} = (C^{68} H^{68}) O^{5} + 2 H^{2} O$
— œnanthique.. $C^{56} H^{58} O^{6} = (C^{28} H^{28}) O^{5} + H^{2} O$

L'assimilation de tous ces acides étant admise, il faut en conclure :

1° Qu'il existe un alcool, un éther et un hydrogène carboné correspondants à chacun d'eux.

2° Qu'il existe une aldéhyde et un acétone également correspondants à chacun de ces acides.

3° Que de même qu'à l'aide des agents oxydants on peut convertir l'acide acétique en acide formique, de même on peut espérer qu'en agissant sur l'acide margarique, on pourra réaliser quelques uns des acides qui le suivent.

Enfin, que l'espoir de remplir quelques unes des lacunes de cette série, doit encourager à persévérer dans l'étude des acides gras, et en particulier dans l'étude de ceux qui par leur volatilité et leur solubilité prononcée, semblent plus propres à réaliser les acides les plus rapprochés de l'acide acétique. Il faut ajouter que l'étude des propriétés physiques de tous les composés correspondants de cette série promettrait aux physiciens de belles relations à découvrir.

Voici les formules des acides gras qui ne rentrent pas dans la série précédente :

Acide élaïdique..... $C^{144} H^{136} O^{7}$....?
— oléique..... $C^{88} H^{80} O^{5}$....?
— margaritique... $C^{68} H^{62} O^{6}$....?
— vératrique..... $C^{36} H^{20} O^{8}$.
— adipique..... $C^{28} H^{22} O^{9}$.
— phocénique .... $C^{20} H^{16} O^{4}$....?
— subérique..... $C^{16} H^{14} O^{4}$.
— butyrique..... $C^{16} H^{13} O^{4}$....?

Acide succinique..... $C^{16}$ $H^{12}$ $O^{8}$.
— pimélique..... $C^{14}$ $H^{12}$ $O^{4}$.
— lipique..... $C^{10}$ $H^{6}$ $O^{5}$.

Parmi ces corps, les acides subérique, pimélique et lipique ne méritent pas le nom d'acide gras; les autres présentent presque tous des formules tellement incertaines, qu'il serait prématuré de chercher à les mettre en relation avec les acides de la série précédente.

Avant d'aborder l'histoire particulière des corps gras neutres qui doit faire l'objet de ce chapitre, je me vois forcé de revenir sur les acides gras.

Dans le cinquième volume de cet ouvrage, j'ai étudié ces acides que j'ai divisés en deux groupes, savoir : en acides gras fixes, tels que les acides stéarique, margarique et oléique, et en acides gras volatils. Depuis cette époque, on n'a rien ajouté à l'histoire des acides volatils; la composition de quelques uns de ces produits a seulement été vérifiée, mais nous ne savons rien de plus sur leurs réactions. Des travaux importants ayant été publiés au contraire dans ces derniers temps sur les acides gras fixes, nous reviendrons sur ce sujet important.

### ACIDE STÉARIQUE.

3721. D'après les expériences de M. Redtenbacher, la composition de ce corps serait pour l'acide anhydre, tel qu'il existe dans le sel d'argent

$$C^{136}\ H^{132}\ O^{5}.$$

et pour l'acide cristallisé

$$C^{136}\ H^{132}\ O^{5} + 2\ H^{2}\ O.$$

Cette formule a été déduite tant de l'analyse de l'acide libre que de l'analyse du stéarate d'argent et de l'éther stéarique. Nous ne reviendrons pas ici sur l'histoire des stéarates; nous ne dirons que quelques mots de l'éther

stéarique, et seulement parce qu'il a servi à la détermination du poids atomique de cet acide.

*Éther stéarique.* Ce produit se prépare en faisant passer, jusqu'à saturation, un courant d'acide chlorhydrique dans une dissolution alcoolique d'acide stéarique. On chauffe ensuite légèrement le liquide, et on l'agite avec de l'eau chaude, jusqu'à ce que tout l'acide chlorhydrique en soit éloigné.

On obtient ainsi un produit incolore, transparent, cristallin, fondant vers 30°, d'une odeur très faible, et se décomposant par la distillation. Cet éther est décomposé par la potasse en alcool et en acide stéarique, qui s'unit à l'alcali. La composition de cet éther se représente par :

$$C^{144} H^{144} O^{7}.$$

qui peut se décomposer en

$$C^{136} H^{132} O^{5}, C^{8} H^{10} O, H^{2} O.$$

3722. *Distillation sèche de l'acide stéarique.* Le produit de cette distillation est une matière complexe, qui se compose d'un produit acide et de deux produits neutres, dont l'un se présente sous la forme d'une substance blanche cristalline, ressemblant à la paraffine par ses caractères extérieurs; le second est une huile douce d'une odeur empyreumatique. En faisant bouillir le produit brut avec du carbonate de soude, exprimant et séchant celui-ci et le traitant ensuite par l'éther, ce véhicule entraine les deux substances neutres, et laisse un sel de soude mélangé à l'excès de carbonate. En décomposant par l'acide chlorhydrique le sel de soude purifié, on obtient une substance qui, après avoir été purifiée à l'aide de plusieurs cristallisations dans l'alcool, fond exactement à 60°. En effet, c'est de l'acide margarique.

Par l'évaporation de l'éther, la substance solide cristallise. Au moyen de plusieurs cristallisations dans ce véhi-

cule, elle se présente sous la forme de paillettes cristallines, blanches, nacrées, diaphanes et fondant vers 77°.

Distillé avec de la chaux, l'acide stéarique donne un produit identique au précédent et pour les propriétés et pour la composition. Cette matière purifiée convenablement serait la margarone.

En soumettant à l'évaporation l'éther duquel la margarone s'est séparée, on obtient une huile empyreumatique, souillée par une grande quantité de cette matière. A l'aide d'une distillation convenablement conduite, les premiers produits peuvent être obtenus à peu près exempts de margarone. Soumis à l'analyse, ce composé donne une composition en centièmes, identique avec celle du gaz oléfiant.

Tels sont, en résumé, les produits qui se forment par la distillation sèche de l'acide stéarique. Ainsi, ce dernier se divise par l'action de la chaleur en acide margarique hydraté, margarone, eau, acide carbonique et hydrogène carboné.

Ces résultats expliquent pourquoi le produit de la distillation de l'acide stéarique en a sensiblement conservé le point de fusion, bien que l'acide margarique fonde à 60°, car ce produit se trouve mêlé de margarone dont le point de fusion est à 77°.

La réaction qui s'opère dans la distillation sèche de l'acide stéarique, est conforme aux décompositions ordinaires opérées par le feu. L'acide bibasique est dédoublé; il en résulte de l'eau et un acide monobasique, qui, se décomposant à son tour, donne de l'acide carbonique et de la margarone; enfin il se forme un hydrogène carboné, dernier produit qui se présente à la fin de toutes les distillations de matières organiques.

3723. *Action de l'acide nitrique sur l'acide stéarique.* Lorsqu'on traite à chaud 1 partie d'acide stéarique par 2 ou 3 parties d'acide nitrique à 32° B., il se produit des composés qui diffèrent suivant la durée de l'action : au com-

mencement, dès que le mélange entre en ébullition, il s'établit une réaction très vive; on remarque un dégagement abondant de bi-oxyde d'azote accompagné d'un autre gaz qui irrite fortement les organes respiratoires. Si on laisse ensuite refroidir la masse, un acide gras s'en sépare; l'acide nitrique ne renferme aucune substance étrangère en quantité déterminable, et l'acide gras qui surnage est solide, cristallin, fond à 60°, et présente toutes les propriétés de l'acide margarique.

La formation de l'acide margarique par l'oxydation de l'acide stéarique s'explique d'une manière très simple, en admettant que ce dernier prend un atome d'oxygène, selon la formule suivante :

$$C^{136} H^{136}, O^{7} + O = 2\ C^{68}\ H^{68}\ O^{4}.$$

ce qui correspond à la composition de 2 atomes d'acide margarique hydraté.

L'acide stéarique peut encore être transformé en acide margarique par un mélange d'acide sulfurique et d'acide chromique.

Si l'on traite l'acide stéarique pendant plusieurs jours par de l'acide nitrique bouillant, l'acide margarique formé d'abord se dissout peu à peu, et finit par disparaître complètement, surtout si l'on renouvelle de temps à autre l'acide nitrique. On obtient en dernier lieu une solution acide, limpide, qui renferme de l'acide subérique, de l'acide succinique et un corps oléagineux soluble dans l'acide nitrique.

3724. Lorsqu'on évapore à moitié la solution acide, elle se prend au bout de vingt-quatre heures en une masse presque solide. On la purifie de l'eau-mère, par des lavages à l'eau froide, par plusieurs cristallisations dans l'eau chaude, par expression et dessiccation.

Ainsi préparé, le produit consiste en acide subérique blanc, sans odeur, qui, séché à 100°, n'entre en fusion qu'à 120°.

Une solution aqueuse d'acide subérique saturée à chaud se prend en une boullie composée de petits cristaux grenus, qui se dessèchent en une poudre poreuse d'un blanc éclatant. Une solution de ce même acide dans l'acide nitrique étendu, le laisse déposer à l'état de grains durs et réguliers.

Lorsqu'on soumet à la distillation sèche du subérate de chaux avec un excès de chaux, on obtient, entre autres produits, un liquide huileux qui distille à la température de 186°. Ce liquide est incolore quand il est pur et reste liquide même à — 12° C; il possède une forte odeur aromatique. Il attire l'oxygène de l'air, et se concrète alors en un corps cristallin qui est de l'acide subérique. L'acide nitrique lui fait subir la même transformation.

M. Boussingault, qui a découvert ce corps, exprime sa composition par la formule

$$C^{16} H^{14} O$$

qui vient d'être confirmée par M. Tilley, et qui s'accorde exactement avec la densité de sa vapeur.

3725. En évaporant les eaux de lavage de l'acide subérique, on obtient de l'acide succinique. C'est particulièrement dans les eaux de lavage de l'acide subérique, ainsi que dans les eaux mères du produit de l'action de l'acide nitrique, que se trouve l'acide succinique. On l'en retire par une évaporation lente et par le refroidissement; il se dépose, accompagné d'une grande quantité d'acide subérique, sous la forme d'une croûte blanche et à gros grains, qui adhère au fond du vase.

A l'aide de plusieurs cristallisations dans l'eau, et au moyen de l'éther bouillant qui dissout peu d'acide succinique et beaucoup d'acide subérique, on peut le débar-

rasser de ce dernier. C'est surtout par la sublimation qu'on peut obtenir l'acide succinique pur. En effet, cet acide se sublime le premier et se condense sur les parties supérieures du vase, à l'état de houppes déliées et transparentes. Par une nouvelle sublimation, on l'obtient d'une pureté plus parfaite que par tout autre procédé; le succin lui-même ne le donne pas si beau.

Lorsqu'on compare la composition de l'acide succinique avec celle de l'acide subérique qui se produit en même temps que lui, il semble évident que l'acide succinique se forme par l'effet de l'oxydation énergique à laquelle l'acide subérique se trouve soumis lui-même sous l'influence de l'acide nitrique. En effet on a

$$C^{16} H^{14} O^4 - H^2 + O^4 = C^{16} H^{12} O^8.$$

### ACIDE MARGARIQUE.

3726. Nous avons vu précédemment que l'acide stéarique se transforme par la distillation sèche en acide margarique et en divers produits secondaires. Différents corps gras neutres, tels que la graisse de bœuf, la graisse de porc, l'huile d'olive, l'acide oléique brut, etc., fournissent également de l'acide margarique, lorsqu'on les distille. Il faut chauffer rapidement au commencement, afin de chasser l'humidité, qui se trouve toujours mélangée à la matière, et qui occasionne des soubresauts, capables de déterminer la rupture des vases. Dès que la matière présente une ébullition régulière, il faut modérer le feu.

Les produits de la distillation se condensent facilement dans le récipient. En employant un appareil de Woulf, on peut recueillir en outre un hydrogène carboné, ainsi que l'acroléine dont l'odeur est si désagréable et si pénétrante. En même temps, il se développe de l'hydrogène carboné gazeux et de l'acide carbonique.

Le produit de la distillation de la graisse de bœuf possède presque la même consistance que la graisse non distillée;

celui qu'on retire de la graisse de porc se solidifie davantage : l'huile d'olive et l'acide oléique donnent des produits onctueux, surtout lorsque la distillation est conduite avec lenteur.

Le produit brut étant exprimé afin de séparer autant que possible la matière liquide; le résidu doit être repris par l'alcool dans lequel on lui fait subir plusieurs cristallisations; on le saponifie ensuite.

Si l'on transforme le savon de potasse ou de soude ainsi formé, en savon de chaux, et qu'on traite ce dernier sel par l'alcool, ou mieux encore par l'éther, on en peut extraire deux substances dont l'une est liquide et l'autre solide et cristallisable. Ce sont celles dont nous avons déjà signalé la production dans la distillation de l'acide stéarique. En décomposant le savon de chaux par un acide, lavant la matière grasse obtenue avec de l'eau et lui faisant subir plusieurs cristallisations dans l'alcool, on obtient enfin l'acide margarique pur fusible à 60°.

L'analyse du margarate d'argent conduit, pour l'acide anhydre, à la formule

$$C^{68} H^{66} O^{3}$$

L'acide cristallisé renferme un équivalent d'eau; sa formule est donc

$$C^{68} H^{66} O^{3} + H^{2} O.$$

*Ether margarique.* Ce composé se prépare en saturant par du gaz chlorhydrique sec une dissolution alcoolique d'acide margarique. Avant même que la majeure partie de l'alcool soit saturée de gaz, l'éther margarique se sépare à l'état d'une huile légère; par des lavages à l'eau bouillante, et au moyen de cristallisations dans l'alcool, on parvient à l'obtenir parfaitement pur.

Les résultats de l'analyse s'accordent avec la formule

$$C^{68} H^{66} O^{3}, C^{8} H^{10} O.$$

*Margarone.* Nous avons vu (3082) qu'en distillant un mélange de 4 parties d'acide margarique et de 1 partie de chaux vive récemment calcinée, on obtenait une substance neutre que nous avons désignée sous le nom de margarone. En faisant bouillir le produit brut, ainsi obtenu, avec une dissolution alcaline, on saponifie l'acide qui passe toujours inaltéré au commencement de la distillation. En dissolvant ensuite dans l'éther le produit privé d'acide margarique, on le débarrasse d'un corps liquide qui l'accompagne toujours, et qui le dissout en grande quantité. Si l'on emploie une plus forte proportion de chaux, on n'obtient qu'un produit liquide d'où l'on ne parvient pas à extraire de la margarone.

Lorsqu'on distille la margarone, elle passe en partie sans altération, et elle se détruit en partie. Il reste un dépôt charbonneux dans la cornue, et le produit distillé se trouve souillé d'un corps liquide dont on peut le débarrasser par des cristallisations réitérées dans l'éther.

L'analyse de cette substance conduit à la formule

$$C^{66} H^{66} O.$$

On a vu que l'acide margarique pur, soumis à la distillation sèche, se décompose en petite quantité, en donnant naissance à de l'acide carbonique et à la margarone.

### ACIDE OLÉIQUE.

3727. Cet acide constitue la partie essentielle des matières grasses non siccatives; il se rencontre en quantité moins considérable dans les suifs, les graisses solides, la bile humaine, etc. Les huiles grasses qui se résinifient à l'air renferment, d'après les expériences de Pelouze et Boudet, un acide qui diffère de l'acide oléique par ses propriétés. Parmi les huiles non siccatives, celle qui paraît de l'emploi le plus convenable pour l'obtenir, est l'huile d'amandes, qui ne contient que fort peu de margarine. A cet effet, on

saponifie cette huile par la potasse, et l'on décompose le savon par l'acide chlorhydrique étendu; on fait ensuite digérer l'acide mis en liberté avec de l'oxyde de plomb pendant plusieurs heures à une température de 100°. Le mélange de margarate et d'oléate de plomb qui en résulte est alors repris par l'éther, qui dissout seulement ce dernier sel, tandis qu'on obtient pour résidu le margarate accompagné d'oléate de plomb basique.

Lorsqu'on agite l'oléate de plomb dissous dans l'éther, avec son volume d'eau aiguisée par une quantité d'acide chlorhydrique suffisante pour transformer tout le plomb en chlorure, l'acide oléique se sépare immédiatement, et vient surnager le liquide en dissolution dans l'éther, tandis que le chlorure de plomb se dépose rapidement dans la solution aqueuse.

La dissolution éthérée étant filtrée et évaporée au bain-marie, on obtient l'acide sous la forme d'un liquide jaune-clair, huileux, possédant toutes les propriétés que lui assigne M. Chevreul. C'est le plus altérable des acides gras; l'acide sulfurique concentré le brunit immédiatement. Le gaz chlorhydrique se comporte de la même manière au bout de quelque temps; l'acide chlorhydrique étendu réagit de la même manière à la longue.

Dans la préparation que l'on vient d'indiquer, il n'est pas nécessaire, en combinant les acides gras avec l'oxyde de plomb, d'employer exactement la quantité qui serait nécessaire pour les saturer; car l'acide margarique se combine le premier et en totalité avec l'oxyde de plomb, et l'éther dissout mieux l'oléate de plomb avec excès d'acide que l'oléate neutre.

Si l'on soumet au même traitement de l'acide oléique brut retiré de la graisse de bœuf, il présente une couleur brun foncé, et ne perd que fort peu de cette teinte après sa digestion avec de l'alcool et du charbon animal. Par le procédé suivant, il est facile d'en préparer un acide décoloré.

La majeure partie de l'acide stéarique ayant été séparée par le refroidissement à 0°, le reste est séparé par l'oxyde de plomb et le traitement par l'éther. L'acide est mis en liberté au moyen de l'acide chlorhydrique, puis saponifié de nouveau. On sépare ensuite par le sel marin le savon de sa dissolution limpide; on le redissout de nouveau, et l'on réitère le traitement par le sel marin, tant que la solution saline se trouve colorée. Il y a avantage à mêler le sel marin avec une petite quantité de carbonate alcalin, qui enlève encore plus facilement la matière colorante. De cette manière, on obtient un savon parfaitement blanc, qui, décomposé par l'acide tartrique, fournit un acide presque incolore. L'emploi de l'acide tartrique est préférable à celui de l'acide chlorhydrique, qui, quoique très étendu, finit par altérer l'acide oléique par une ébullition prolongée, et, en outre, en ce que le savon de soude n'est pas insoluble dans le tartrate de soude comme dans le chlorhydrate, de sorte qu'il ne se forme pas, comme cela a lieu avec l'acide chlorhydrique, de l'oléate acide qui exige pour se décomposer une ébullition prolongée.

Préparé par ces deux méthodes, l'acide oléique donne à l'analyse les résultats suivants :

$$C^{88} H^{80} O^{5} = C^{88} H^{78} O^{4} + H^{2} O.$$

*Éther oléique.* Ce produit se prépare en dissolvant une partie d'acide oléique dans environ 3 parties d'alcool et y faisant passer un courant rapide de gaz chlorhydrique. Le mélange s'échauffe et l'éthérification s'effectue immédiatement. Au bout de quelques minutes, tout l'éther oléique se sépare du liquide alcoolique, bien avant que l'alcool soit saturé du gaz acide, dont il faut éviter un excès qui pourrait altérer le produit.

L'éther ainsi préparé, séparé du liquide alcoolique, doit être agité avec de l'alcool ordinaire, qui dissout son volume d'acide oléique et ne dissout que fort peu d'éther

oléique. On enlève ensuite l'alcool, dont il pourrait être souillé, en l'agitant avec de l'eau; il est ensuite décanté et séché sur du chlorure de calcium. Ce liquide, ainsi préparé, est limpide, peu coloré; sa densité est intermédiaire entre celle de l'alcool et celle de l'eau. Soumis à l'analyse, il donne des nombres qui s'accordent avec la formule suivante :

$$C^{96} H^{88} O^{5} = C^{88} H^{78} O^{4}, C^{8} H^{10} O.$$

Ce composé s'altère par la distillation; il fournit dans ces circonstances de l'alcool et un carbure d'hydrogène, et laisse un résidu charbonneux.

3728. *Distillation de l'acide oléique.* En distillant l'acide oléique, on obtient, outre une grande quantité de gaz permanents qui se dégagent d'une manière uniforme, pendant toute la durée de l'opération, un produit liquide réfractant fortement la lumière, et qui dépose par refroidissement une matière cristallisée en fines aiguilles.

Le gaz se compose d'acide carbonique et de carbure d'hydrogène.

Si l'on pousse l'opération jusqu'à ce que le fond de la cornue soit porté au rouge, on obtient un résidu considérable de charbon.

Le produit condensé contient une grande quantité d'un hydrogène carboné liquide, mélangé d'un peu d'acide oléique non altéré, et contenant en outre un acide cristallin, l'acide sébacique. Ce dernier produit étant très soluble dans l'eau bouillante, peut être séparé des autres produits à l'aide de ce liquide. Par le refroidissement, il se dépose presque entièrement à l'état de cristaux qui présentent beaucoup de ressemblance avec l'acide benzoïque. La formation de l'acide sébacique, par la distillation de l'acide oléique, fournit un excellent moyen de reconnaître la présence de ce dernier dans les corps gras.

Pour séparer l'hydrogène carboné de l'acide oléique, on

ne peut avoir recours au traitement des oléates par l'éther, comme dans le cas de l'acide margarique ou de l'acide stéarique, car ces sels y sont bien plus solubles que l'hydrogène carboné.

Le meilleur procédé consiste à distiller le mélange à plusieurs reprises avec de l'eau, en ayant soin de renouveler celle qui s'évapore, jusqu'à ce que cet hydrogène carboné se soit entièrement volatilisé. L'opération réussit toujours très bien si on la prolonge convenablement.

Cet hydrogène carboné distille sans laisser de résidu. On ne saurait le considérer comme un produit unique, car son point d'ébullition varie beaucoup et s'élève de 160 à 280°, et même au dessus.

La manière dont se comporte l'acide oléique à la distillation, nous explique pourquoi les produits de la distillation des corps gras, tels que la graisse de porc et l'huile d'olives, contenant, outre la margarine et la stéarine, de l'oléine, présentent plus de consistance que les matières premières; cela tient à ce que l'acide margarique est fort peu soluble dans l'hydrogène carboné, qui se produit par la distillation, tandis que la margarine est très soluble dans l'oléine.

### ACIDES PIMÉLIQUE, ADIPIQUE, AZOLÉIQUE, LIPIQUE.

3729. L'action que l'acide nitrique exerce sur l'acide oléique, a beaucoup de rapports avec celle que le même agent exerce sur l'acide stéarique, seulement elle est plus vive et plus énergique. L'état de concentration de cet acide ne modifie en rien les résultats, seulement l'action est plus ou moins lente à s'accomplir.

L'acide oléique ne s'épaissit ni ne se résinifie, mais il devient au contraire de plus en plus fluide et incolore en diminuant de volume peu à peu, et finit par disparaître entièrement, si l'on a soin de renouveler convenablement les additions d'acide nitrique.

L'acide nitrique qui distille dans cette opération possède une odeur particulière qui irrite vivement les organes respiratoires, et qui ne disparaît pas, lorsqu'on neutralise l'acide par de l'ammoniaque ou du carbonate de soude. En distillant le liquide neutralisé par du carbonate de soude, on obtient une huile légère, limpide et très fluide; mais on ne l'a obtenue encore qu'en quantité trop faible pour pouvoir l'examiner.

Si, dès la première réaction de l'acide nitrique, on arrête l'opération, l'acide oléique se fige, et donne, au bout de douze à dix-huit heures, une masse jaunâtre semi-solide, traversée çà et là par quelques écailles cristallines d'acide margarique. La formation de cet acide paraît néanmoins douteuse, la quantité de produit obtenu étant fort petite, et l'acide oléique employé n'étant pas entièrement exempt d'acide stéarique.

Le produit principal de la réaction de l'acide nitrique sur l'acide oléique, est l'acide subérique. Il se forme en même temps d'autres acides, mais en proportion assez faible; nous n'en dirons que quelques mots.

*Acide pimélique.* Cet acide se trouve particulièrement dans les eaux de lavage de l'acide subérique, et en moindre quantité dans l'eau-mère nitrique d'où on l'extrait en évaporant doucement. Cristallisé à plusieurs reprises dans l'eau, il se présente sous forme de grains blancs, agglomérés en partie, et différant essentiellement de l'acide subérique. Séché à 100°, il entre en fusion à 134° et se sublime aisément en aigrettes soyeuses très belles; il est un peu plus soluble dans l'eau que l'acide subérique; son sel ammoniacal ne précipite ni les solutions de chlorure de baryum, de strontium et de calcium, ni celle de sulfate de cuivre.

L'analyse du pimélate d'argent conduit pour l'acide anhydre à la formule:

$$C^{14} H^{10} O^{3}.$$

La formule de l'acide hydraté est

$$C^{14} H^{10} O^3 + H^2 O.$$

Celle du pimélate d'argent est

$$C^{14} H^{10} O^3 + Ag O.$$

*Acide adipique.* Cet acide s'obtient par l'évaporation de l'eau-mère nitrique. Cristallisé dans l'eau, cet acide se présente sous la forme de grains réunis par groupes. Séché à 100°, il entre en fusion à 145°, et se sublime aisément comme l'acide pimélique. Il est très soluble dans l'eau, l'éther, l'alcool et l'acide nitrique. La solution de son sel ammoniacal ne précipite pas la dissolution de chlorure de baryum, de calcium, de sulfate de cuivre et d'acétate de plomb; elle précipite au contraire en blanc la solution de nitrate d'argent.

Soumis à l'analyse, ce composé fournit des nombres qui conduisent à la formule

$$C^{28} H^{22} O^9.$$

Les analyses des sels de baryte et d'argent conduisent à considérer ce composé comme un acide bibasique; on a alors

Acide libre..... $C^{28} H^{18} O^7 + 2 H^2 O.$
Adipate de baryte.. $C^{28} H^{18} O^7 + 2 Ba O.$
Adipate d'argent... $C^{28} H^{18} O^7 + 2 Ag O.$

*Acide lipique.* Il se trouve dans l'eau-mère brune et épaisse qu'on obtient en décantant et exprimant l'acide pimélique. Par l'évaporation de ce liquide, il se dépose au bout de quelque temps sous forme de lamelles transparentes assez volumineuses. On n'a pas encore examiné sa composition.

*Acide azoléique.* Lorsqu'on traite l'acide oléique, l'acide margarique ou l'acide stéarique, on obtient entre autres produits un acide particulier, découvert par M. Laurent.

Si on fait chauffer le liquide huileux obtenu avec un mélange d'acide sulfurique et d'alcool, on obtient un composé qui serait l'éther azoléique. D'après M. Bromeis, il se formerait dans cette circonstance plusieurs acides gras.

M. Laurent a pareillement annoncé que, dans la réaction d'un mélange à parties égales d'acide nitrique et d'acide oléique, il se produirait de l'acide œnanthique; mais des expériences plus récentes rendent douteuse la formation de ce composé dans ces circonstances.

Les produits que l'on obtient, soit au moyen de l'acide oléique pur ou brut, soit au moyen de l'acide stéarique, étant soumis à l'analyse, donnent des résultats qui conduisent à la formule de l'acide œnanthylique :

$$C^{28} H^{28} O^{4}.$$

3721. *Décomposition de l'acide oléique par la potasse.* Pour produire cette décomposition, on chauffe de l'acide oléique dans une capsule d'argent, avec un léger excès de potasse caustique et quelques gouttes d'eau, de manière à le saponifier; on y ajoute ensuite une quantité de potasse double de la quantité d'acide oléique employée, et on chauffe doucement le tout en agitant sans cesse et faisant fondre la potasse. Si l'on opère bien, la masse ne noircit guère, et ne prend qu'une teinte jaune brunâtre. Dès que le mélange se trouve porté à la température de la potasse fondante, il se manifeste un dégagement d'hydrogène. Une fois que ce gaz s'est développé, l'opération est terminée; on enlève rapidement le feu, et l'on jette la masse encore chaude dans de l'eau qui dissout la plus grande partie de la potasse libre. Lorsqu'on emploie peu d'eau, la lessive est tellement concentrée que le savon produit surnage sans se dissoudre. Au moyen du sel marin, on sépare le sel de potasse de sa dissolution dans l'eau, et l'on répète cette opération jusqu'à ce que la petite quantité de matière colorante qui s'est formée dans

certaines parties par un excès de chaleur, se soit dissoute dans ce liquide.

Au moyen de l'acide chlorhydrique étendu, on sépare l'acide gras du savon ainsi purifié. Cet acide n'est pas liquide; par le refroidissement, il se concrète, en formant des couches cristallines. L'acide brut, cristallisé une seconde fois dans l'alcool, fond à 56°; après plusieurs dissolutions dans ce véhicule, il fond à 60°, point qui demeure constant après de nouveaux traitements par l'alcool.

En soumettant à l'analyse l'acide cristallisé, on obtient des résultats qui conduisent à la formule suivante :

$$C^{64} H^{64} O^{4}.$$

Cet acide est, comme on le voit, identique avec l'acide éthalique.

### ACIDE ÉLAÏDIQUE.

3722. Pour préparer l'acide élaïdique, on peut suivre le procédé indiqué par M. Boudet, et qui consiste à se procurer d'abord l'élaïdine en mettant de l'huile d'olives très pure en contact avec le deutonitrate de mercure, et exprimant la masse solidifiée entre des doubles de papier joseph. On purifie ainsi l'élaïdine d'une petite quantité d'une huile liquide qui y est adhérente.

La substance ainsi obtenue présente une teinte jaune, due à la présence d'une matière huileuse particulière; mais en chauffant l'élaïdine impure avec de l'éther, ce dissolvant s'empare d'une grande quantité de cette substance, en prenant une belle teinte rouge. Il se sépare, en même temps, une poudre grise, composée de mercure métallique, que l'on enlève par la filtration. La solution éthérée, refroidie à 0°, dépose une matière blanche cristalline, d'un aspect mamelonné. Lavée à plusieurs reprises avec de l'éther froid, celle-ci devient parfaitement semblable à la stéarine pure.

Le liquide éthéré se divise, après quelque temps de repos, en deux couches, dont l'une, plus légère et éthérée, est moins colorée, et dont l'autre, moins fluide, présente une teinte d'un rouge foncé. Si on les sépare à l'aide d'une pipette, le liquide plus léger laisse, par l'évaporation, une petite quantité d'élaïdine impure. Le liquide oléagineux et plus pesant, chauffé d'abord au bain-marie, jusqu'à disparition complète de l'odeur éthérée, puis exposé à quelques degrés au dessous de 0°, dépose, au bout de quelques heures, des cristaux d'élaïdine, que l'on sépare de la partie liquide en les exprimant entre des doubles de papier à filtre.

Le liquide qui s'écoule de la presse est transparent et de couleur rouge. Par un nouveau traitement avec le deutonitrate de mercure, il se concrète au bout de quelque temps; mais cette solidification n'est pas aussi complète que dans l'huile d'olives soumise au même traitement. Traitée à chaud par l'éther, la masse solidifiée dépose une matière blanche cristalline; le liquide surnageant est trouble et ne s'éclaircit pas par des filtrations répétées.

On peut encore préparer l'élaïdine en faisant passer dans l'huile d'olives des vapeurs nitreuses dégagées par un mélange de fécule et d'acide nitrique. La solidification s'effectue par ce moyen d'une manière plus rapide; mais il faut bien se garder d'employer un excès d'acide, car, au lieu d'un produit concret, on obtient une masse un peu moins fluide que l'huile et qui ne se solidifie plus.

L'élaïdine préparée par l'un ou l'autre de ces procédés est blanche, se dissout dans l'éther en toute proportion; elle est presque insoluble dans l'alcool. Les alcalis la saponifient sans la jaunir. Elle fond à 32°.

Son analyse donne des nombres qui ne conduisent à aucune formule rationnelle; ce qu'on comprendra facilement, cette substance paraissant être un mélange en proportions variables d'élaïdate, de margarate et peut-être aussi d'o-

léate de glycérine, mélange dont on ne peut pas séparer la margarine.

Soumise à la distillation, l'élaïdine donne une substance d'une odeur suffocante, l'acroléine de M. Berzelius, ainsi que de l'acide élaïdique, des carbures d'hydrogène, et probablement aussi de l'acide sébacique.

Par l'ébullition avec les alcalis, l'élaïdine se décompose en glycérine, margarate et élaïdate alcalin. Si l'on décompose à chaud le savon ainsi obtenu, par de l'acide sulfurique ou chlorhydrique étendu, le mélange d'acide margarique et élaïdique se sépare sous forme d'une huile qui vient nager à la surface, et qui se concrète et cristallise par le refroidissement. Le point de fusion de l'acide impur ainsi obtenu est de 38°,5.

Pour obtenir l'acide élaïdique dans toute sa pureté, il faut donc avoir recours à un autre mode de préparation. A cet effet, on fait passer de l'acide hyponitrique dans de l'acide oléique. Le liquide se colore peu à peu, et, après y avoir fait passer le gaz pendant cinq minutes, on entoure le vase d'eau froide. Au bout d'une demi-heure, l'acide élaïdique est complètement solidifié et cristallisé en grandes lamelles. On traite la masse à plusieurs reprises avec de l'eau bouillante, afin d'enlever tout l'acide nitrique entraîné par le courant de gaz, ou formé par la réaction de ce dernier. L'eau prend une teinte jaune clair; sa saveur est légèrement acide. Saturée par l'ammoniaque avec beaucoup de soin, elle donne un précipité jaune avec l'acétate de plomb, et un léger précipité blanc avec le protonitrate de mercure.

L'acide, séparé de l'eau, est dissous dans son poids environ d'alcool et abandonné au repos. Le lendemain le liquide est traversé en tous sens par de belles tables nacrées. Séparés par filtration de l'eau-mère rougeâtre et redissous dans l'alcool, ces cristaux s'obtiennent à l'état pur et se représentent par

$$C^{144} H^{136} O^{7}.$$

L'acide élaïdique fond entre 44 et 45° ; il se dissout avec facilité dans l'alcool, et se dépose d'une solution concentrée en beaux cristaux, ressemblant à l'acide benzoïque. Il se dissout moins bien dans l'éther. Les solutions possèdent la réaction acide.

Soumis à la distillation, l'acide élaïdique passe en partie sans s'altérer; il se décompose en partie, en produisant un carbure d'hydrogène. L'acide impur donne de beaux cristaux d'acide sébacique; mais l'acide élaïdique pur n'en donne pas, quoique les sels de plomb et de mercure occasionnent dans le liquide aqueux provenant des traitements du produit de la distillation par l'eau bouillante, des précipités ressemblant à ceux que donne l'acide sébacique.

En traitant l'acide élaïdique par un grand excès de potasse, à une température élevée, on obtient de l'acide éthalique.

Lorsqu'on fait bouillir l'acide élaïdique avec des carbonates alcalins, il y a dégagement d'acide carbonique et formation d'un savon épais et limpide. Le savon de soude, dissous dans l'alcool, donne, par le refroidissement, des cristaux d'élaïdate, d'un blanc argentin, ressemblant à l'acide libre. Cette dissolution alcoolique se décompose par une dissolution neutre de nitrate d'argent. On obtient un précipité blanc, soluble dans l'ammoniaque. La dissolution ammoniacale de ce sel, abandonnée à elle-même, dépose la plus grande partie du sel d'argent à l'état de petits cristaux prismatiques de couleur blanche. Les sels de plomb et de baryte s'obtiennent, comme le sel d'argent, par double décomposition.

*Ether élaïdique.* — L'éther élaïdique se prépare en faisant passer un courant de gaz chlorhydrique dans une dissolution alcoolique d'acide élaïdique. Desséché dans le vide, cet éther se présente sous la forme d'un liquide huileux, incolore, sans odeur à froid et ne présentant qu'une légère odeur, quand on vient à le chauffer. Il est plus léger

que l'eau, insoluble dans ce véhicule, soluble au contraire dans l'alcool et l'éther. Il se décompose par la distillation.

D'après M. Laurent, l'éther élaïdique se forme aussi en traitant l'éther oléique par le deutonitrate de mercure.

*Action de l'acide sulfurique sur les huiles.*

3723. D'après les expériences de M. Frémy, quand on traite l'huile d'olives par la moitié de son poids d'acide sulfurique concentré, en ayant soin d'entourer le vase dans lequel on opère d'un mélange réfrigérant, pour éviter l'élévation de température et en ajoutant l'acide avec précaution, après quelques minutes de contact, la masse qui s'est très légèrement colorée devient visqueuse.

Pour que la réaction soit complètement terminée, il est nécessaire de laisser l'huile en contact avec l'acide sulfurique, pendant vingt-quatre heures. L'acide sulfurique, par sa présence, a déterminé d'abord la décomposition de la margarine de l'huile en ses principes immédiats acide margarique et glycérine; puis, il s'est combiné avec ces deux corps pour former les acides sulfomargarique et sulfoglycérique : quant à l'oléine, il paraît qu'elle jouit d'abord de la propriété de se combiner intégralement avec l'acide sulfurique pour constituer un acide double formé d'oléine et d'acide sulfurique; mais quand on laisse, comme je l'ai dit plus haut, pendant vingt-quatre heures l'acide en présence de l'huile, la combinaison d'acide sulfurique et d'oléine finit elle-même par se décomposer en acides sulfoléique et sulfoglycérique.

Ainsi, l'acide sulfurique, en réagissant sur l'huile d'olives, a formé les trois acides, sulfomargarique, sulfoléique et sulfoglycérique.

Les acides sulfomargarique et sulfoléique sont solubles dans l'eau pure et dans l'alcool; ils ne paraissent pas capables de cristalliser facilement. La dissolution aqueuse pos-

sède une saveur huileuse avec un arrière-goût amer très prononcé. L'eau qui dissout très bien les acides sulfomargarique et sulfoléique finit par réagir sur leurs éléments et en opère la décomposition.

L'acide sulfomargarique, par sa décomposition, peut donner naissance à trois acides gras solides.

Le premier a été nommé acide métamargarique; il a dans les sels exactement la même composition que l'acide margarique.

Le second que nous appelons acide hydromargaritique, peut être représenté dans sa composition par de l'acide margarique combiné à deux atomes d'eau.

Enfin le troisième que nous nommons hydromargarique, est représenté par de l'acide margarique combiné à un atome d'eau; on peut le considérer comme un composé résultant de l'union des deux acides précédents.

On peut, pour séparer ces différents produits, mettre à profit la propriété suivante. La combinaison d'acide sulfurique et d'acide métamargarique est décomposée par l'eau, à la température ordinaire, tandis que la combinaison d'acide sulfurique et d'acide hydromargaritique peut se conserver très longtemps dans l'eau sans se décomposer.

Si on fait dissoudre de l'acide sulfomargarique dans l'eau, tout ce qui se précipite à la température ordinaire est de l'acide métamargarique; puis quand l'acide sulfomargarique ne donne plus d'acide métamargarique, si on porte le liquide à une température de 100°, il se décompose aussitôt et donne l'acide hydromargaritique.

Lorsqu'on veut obtenir l'acide hydromargarique, il faut faire dissoudre l'acide sulfomargarique dans l'eau, et porter aussitôt la liqueur à l'ébullition; dans ce cas les deux acides métamargarique et hydromargaritique se précipitent et constituent l'acide hydromargarique, qui pourrait bien n'être qu'un mélange.

Quant à l'acide sulfoléique, il ne donne naissance par

sa décomposition dans l'eau, qu'à deux acides liquides. L'un s'obtient par la décomposition de l'acide sulfoléique à la température ordinaire, nous l'appellerons acide métaoléique. L'autre se produit en faisant bouillir l'acide sulfoléique, nous le désignerons sous le nom d'acide hydroléique. Ainsi, pendant la décomposition simultanée d'un mélange d'acide sulfomargarique et d'acide sulfoléique, l'acide métamargarique se précipite toujours avec l'acide métaoléique et l'acide hydromargarique avec l'acide hydroléique.

*Acide métamargarique.* Cet acide est blanc insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther desquels il se sépare sous la forme de cristaux mamelonnés; il se précipite quelquefois de ses solutions concentrées en lames micacées et brillantes; cette forme de cristallisation est difficile à obtenir. Il fond à 50°.

Quand l'acide métamargarique a été fondu, et qu'on le laisse refroidir lentement, il cristallise en aiguilles entrelacées et transparentes, qui présentent peu de dureté. Soumis à la distillation, il se volatilise en se décomposant en partie.

*Acide hydromargarique.* Il est solide, parfaitement blanc, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther. Il se sépare de la dissolution sous la forme de prismes rhomboïdaux, qui présentent une assez grande dureté. Quand cet acide est bien cristallisé, il diffère par son aspect des acides gras connus. Il fond à 68°. Il présente la composition suivante :

$$C^{68} H^{72} O^{6}.$$

Cet acide perd un atome d'eau en se combinant aux bases. Dans les hydromargaritates neutres l'oxygène de l'acide est à l'oxygène de la base, comme 5 est à 1.

Soumis à la distillation sèche l'acide hydromargaritique se décompose en eau et en acide métamargarique.

Les hydromargaritates de potasse, de soude et d'ammoniaque sont les seuls qui se dissolvent dans l'eau. Les sels neutres ne cristallisent que très difficilement dans l'alcool; ils sont décomposés en sels acides sous les mêmes influences que les métamargarates, avec lesquels ils ont la plus grande ressemblance.

*Acide hydromargarique.* Cet acide est solide, blanc, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther. Il est beaucoup plus soluble dans l'alcool que les acides métamargarique et hydromargaritique, il se dépose de cette dissolution sous la forme de gros mamelons; quand la dissolution est très concentrée, il cristallise quelquefois en petites aiguilles peu brillantes. Il fond à 60°. Quand il a été fondu et qu'on le laisse refroidir, il cristallise en une masse opaque qu'il est impossible de confondre avec l'acide métamargarique fondu qui est presque transparent.

L'acide hydromargarique cristallisé possède la composition suivante :

$$C^{68}\ H^{70}\ O^{5}.$$

Soumis à la distillation l'acide hydromargarique se décompose en donnant de l'eau et de l'acide métamargarique fusible à 50°.

*Acide métaoléique.* Cet acide est liquide, jaunâtre, insoluble dans l'eau, très soluble dans l'éther, mais peu soluble dans l'alcool. Cette propriété est importante en ce qu'elle établit une différence entre cet acide et l'acide hydroléique dont nous parlerons tout à l'heure.

L'acide métaoléique soumis à la distillation, se décompose en donnant naissance à des produits dont nous parlerons plus bas.

Il possède la composition suivante :

| | |
|---|---|
| $C^{70}$ | 75,9 |
| $H^{64}$ | 11,3 |
| $O^{4\,1/2}$ | 12,8 |
| | 100,0 |

*Acide hydroléique.* Cet acide ressemble beaucoup au précédent. Il est très soluble dans l'alcool et l'éther; sa composition est identique avec celle de l'acide métaoléique.

3724. *Distillation des acides métaoléique et hydroléique.* Quand on distille ces acides avec précaution et qu'on a soin de condenser les produits au moyen d'un mélange réfrigérant, on obtient dans le récipient une couche huileuse qui surnage un peu d'eau. Pendant toute la durée de l'opération, il se dégage de l'acide carbonique pur.

La couche huileuse est principalement formée de deux carbures d'hydrogène liquides, qui ont la même composition en centièmes que le gaz oléfiant, mais dont l'état de condensation est différent. L'un bout à 55°, et a reçu le nom d'*oléène*; l'autre bout à 110°, nous le désignerons sous le nom d'*élaène*. Pour séparer ces deux produits, on commence par distiller la couche huileuse à une température de 130°; par cette première opération, on sépare l'oléène et l'élaène de l'huile empyreumatique qui se forme toujours et qui ne distille pas à cette température.

Le produit distillé est agité avec une dissolution étendue de potasse, pour le débarrasser de quelques traces d'acides gras volatils qui se forment toujours dans ces réactions. Quand on a débarrassé le mélange des deux carbures d'hydrogène des matières étrangères qui les accompagnent, il faut enfin séparer l'oléène de l'élaène.

Pour y parvenir, le seul moyen est de mettre à profit la différence qui existe entre leurs points d'ébullition.

*Oléène.* C'est un liquide blanc, plus léger que l'eau, très fluide, d'une odeur arsénicale pénétrante et nauséabonde; très inflammable, brûlant avec une flamme blanche bordée de vert. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther.

La formule rationnelle de ce corps, déduite de l'analyse élémentaire et de la densité de sa vapeur, est

$$C^{24} H^{24}.$$

*Elaène.* L'élaène est liquide, incolore, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther; son odeur pénétrante diffère de celle de l'oléène. Il brûle avec une belle flamme blanche; il bout vers 10° : il est plus léger que l'eau. L'acide sulfurique est sans action sur lui ; le chlore forme avec lui une combinaison liquide. Il est représenté par la formule suivante :

$$C^{36} H^{36}.$$

## GLYCÉRINE.

3725. Les propriétés de la glycérine, de la stéarine et de la margarine, ont déjà été décrites dans le cinquième volume; mais il est nécessaire d'y ajouter quelques notions plus complètes, tirées de travaux récents.

M. Pelouze attribue à la glycérine hydratée la composition suivante :

$$C^{12} H^{16} O^{6},$$

et à la glycérine anhydre, telle qu'elle existerait dans les graisses,

$$C^{12} H^{14} O^{5};$$

mais d'après M. Stenhouse, celle-ci serait moins hydratée encore, et se représenterait en effet par

$$C^{6} H^{4} O.$$

La glycérine hydratée est un liquide incristallisable, d'une couleur très légèrement jaunâtre, sans odeur, d'une saveur franchement sucrée, d'une densité de 1,280 à + 15°, soluble en toutes proportions dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther sulfurique. Soumise à l'action de la chaleur, elle se divise en deux parties, dont l'une se volatilise sans altération, et dont l'autre se décompose en huile empy-

reumatique, acide acétique, gaz inflammable, et en un résidu charbonneux.

Malgré son état presque solide, elle jouit d'un pouvoir dissolvant très considérable sur une foule de corps. C'est ainsi qu'elle dissout les acides végétaux, tous les sels déliquescents, et de plus les sulfates de potasse, de soude, de cuivre, le nitrate d'argent, le nitrate de potasse, les chlorures alcalins, et parmi les bases, la potasse et la soude en toute proportion, la baryte, la strontiane et l'oxyde de plomb lui-même; mais, à part ce dernier corps, tous ceux qui sont insolubles dans l'eau offrent la même insolubilité dans la glycérine.

La glycérine dissout une quantité très considérable de brôme; le mélange s'échauffe, et si on l'étend d'eau il se précipite un liquide très lourd, d'apparence huileuse, d'une odeur éthérée, soluble dans l'éther et l'alcool. Il contient :

$$C^{12} H^{11} O^{5} Br^{3}.$$

Le chlore exerce sur la glycérine une action analogue à celle du brôme. En abandonnant de la glycérine pendant plusieurs mois dans un flacon rempli de chlore, ce dernier disparaît, peu à peu, et se trouve remplacé par de l'acide hydrochlorique. Il reste au fond du vase un liquide sirupeux dans lequel l'eau forme des flocons blancs, abondants, très fusibles, d'une odeur éthérée, mais désagréable, d'une saveur excessivement acide, amère et astringente. Ces flocons se dissolvent avec facilité dans l'alcool, d'où l'eau les sépare.

L'iode se dissout en proportion considérable dans la glycérine, et la colore en jaune orangé, mais sans lui faire subir d'altération.

La potasse solide à une douce chaleur convertit la glycérine en acétate et en formiate de potasse avec dégagement d'hydrogène.

L'acide nitrique la transforme en eau, en acide carbo-

nique et oxalique; mise en contact avec le peroxyde de manganèse et l'acide sulfurique étendu d'eau, ou bien avec le peroxyde de manganèse et l'acide hydrochlorique fumant, elle se décompose en produisant de l'acide carbonique et de l'acide formique. L'acide hydrochlorique fumant se dissout au contraire dans la glycérine sans l'altérer.

Suivant Vogel, l'acide sulfurique employé en petite quantité transforme la glycérine en sucre comme l'amidon, ce qui est peu probable. D'après M. Pelouze, quand on mêle une partie d'acide sulfurique concentré avec une demi-partie de glycérine, ces deux corps se combinent en dégageant beaucoup de chaleur, et forment un acide sulfoglycérique.

*Acide sulfoglycérique.* Le mélange précédent étant refroidi, saturé par un lait de chaux et filtré, donne par l'évaporation une masse sirupeuse de laquelle le froid sépare des cristaux incolores de sulfogycérate de chaux.

Le sulfoglycérate de chaux ainsi obtenu, desséché à 110°, serait représenté, d'après M. Pelouze, par la formule suivante :

$$2\,SO^3,\ C^{12}\,H^{14}\,O^5,\ Ca\,O$$

D'après M. Stenhouse, cette formule devrait être changée.

Le sulfoglycérate de chaux, dissous dans l'eau et traité par l'acide oxalique, fournit l'acide sulfoglycérique, qui se présente sous la forme d'un liquide incolore et sans odeur, d'une saveur fortement acide et d'une instabilité telle, qu'en l'évaporant dans le vide à plusieurs degrés au dessous de zéro, il se décompose en acide sulfurique et en glycérine, alors même qu'il contient encore une quantité d'eau très considérable. Cette décomposition est plus rapide encore quand on le chauffe légèrement.

Tous ces sels sont très solubles et très décomposables. Celui de chaux cristallise en aiguilles prismatiques, incolores, solubles dans moins de leur poids d'eau froide,

insolubles dans l'alcool et l'éther; à une température de 140 à 150°, il se décompose en répandant une odeur pénétrante analogue à celle du suif, et laisse un résidu noir qui blanchit par une calcination prolongée à l'air, et consiste en sulfate de chaux formant les 35,5 du poids du sulfoglycérate.

La baryte décompose ce sel à froid et en précipite la chaux à laquelle elle se substitue pour produire du sulfoglycérate de baryte. Lorsqu'on chauffe ce dernier avec un excès de baryte, il se décompose, même au dessous de 100°. Il se précipite du sulfate de baryte, tandis que la glycérine s'unit à 1 atome d'eau et reste libre dans la liqueur.

Le sulfoglycérate de chaux, de son côté, se trouble abondamment après une légère ébullition, lorsqu'on le soumet à l'action de l'eau de chaux; circonstance qui ne doit pas être oubliée dans la préparation de l'acide sulfoglycérique.

D'après les faits précédents, on voit que les sulfoglycérates de chaux et de baryte, soumis à l'influence de l'eau, de la chaleur et d'un excès de base, sont transformés en sulfates métalliques et en glycérine; phénomènes qui présentent beaucoup de ressemblance avec ceux de la saponification.

## STÉARINE.

3726. Nous citerons seulement ici le moyen de préparation employé par MM. Braconnot et Lecanu.

M. Braconnot fait fondre le suif, y ajoute de l'essence de térébenthine nouvellement distillée, et laisse refroidir le mélange. Il presse le résidu d'abord dans un linge, puis entre des doubles de papier brouillard. L'oléine et la margarine, dissoutes dans l'essence, s'écoulent ou s'absorbent; la stéarine au contraire reste presque tout entière dans le résidu. En ayant soin de la fondre à plusieurs reprises avec de nouvelles quantités d'essence, on a la stéarine complè-

tement purifiée. Encore vaut-il mieux la dissoudre en dernier lieu dans l'éther bouillant et la laisser cristalliser. Cette facile modification, proposée par M. Lecanu, permet de séparer les dernières portions de matières grasses étrangères, et les dernières portions d'essence interposée, plus complètement que ne le fait une ébullition prolongée, d'ailleurs susceptible d'altérer le produit lui-même et de résinifier une partie de l'essence.

M. Pelouze a repris l'analyse de la stéarine, préparée d'après la méthode de M. Lecanu. Il a obtenu des résultats qui conduisent à la formule suivante :

$$C^{142}\,H^{138}\,O^{8} = C^{136}\,H^{130}\,O^{5},\ C^{6}\,H^{4}\,O,\ H^{2}\,O,\ H^{2}\,O$$

D'où l'on déduit en adoptant la nouvelle composition de la glycérine exposée précédemment, la formule atomique suivante :

| | Carbone | Hydrogène | Oxygène |
|---|---|---|---|
| 2 at. acide stéarique..... | 136 | 130 | 5 |
| 1 at. glycérine..... | 6 | 4 | 1 |
| 2 at. eau..... | — | 4 | 2 |
| | 142 | 138 | 8 |

D'après ce qui précède, on peut considérer la stéarine comme de l'acide stéarique, où 1 at. d'eau serait remplacé par 1 at. de glycérine. Il resterait donc dans ce composé 2 at. d'eau, propres à être remplacés par des bases, avant que la glycérine fût déplacée.

Il parait en effet que dans les premiers moments de la saponification de la stéarine, il se formerait des stéaroglycérates, qui ne se décomposent en glycérine libre et en acide stéarique que par l'action prolongée d'un excès d'alcali. C'est ce que tendrait à prouver l'expérience suivante :

Si l'on ajoute peu à peu de l'alcool à une dissolution de stéarine dans l'éther, jusqu'à ce que le mélange commence à se troubler, et que, arrivé à ce point, on ajoute quelques

gouttes d'une dissolution alcoolique de potasse, la liqueur légèrement chauffée devient claire à l'instant, et les gouttes de stéarine fondue qui s'étaient déposées, se redissolvent complètement. Le liquide laisse déposer en se refroidissant quelques petites paillettes fines, qui ne sont autre chose que de la stéarine. Lorsque, après avoir séparé ces cristaux, on fait évaporer lentement la liqueur, on n'obtient pas, comme à l'ordinaire, un savon gélatineux, mais bien une liqueur épaisse dans laquelle on remarque des cristaux bien distincts. Si l'on décompose par un acide minéral la dissolution aqueuse de ce sel, il s'en sépare à l'instant de la stéarine douée de toutes les propriétés qu'on lui connaît. Celle que MM. Pelouze et Liebig ont ainsi recueillie, fondait à 55°, température à peine différente de celle du point de fusion de la stéarine avant tout contact avec les alcalis. On sait que l'acide stéarique ne se solidifie que vers 70°, et il est impossible d'attribuer une différence aussi grande à une faute d'observation.

## MARGARINE.

3727. Suivant M. Lecanu, il en existe deux variétés, l'une qui appartient aux graisses animales, l'autre aux huiles végétales.

La première est celle qui a été décrite dans le cinquième volume.

La seconde que l'on peut extraire des huiles végétales et surtout de l'huile d'olive, comme la première du suif, fond à + 28°, se dissout en très grande quantité dans l'éther, et se transforme, sous l'influence des alcalis, en glycérine et en un acide fusible à + 59°, doué des propriétés de l'acide margarique.

La margarine des graisses ne serait-elle pas une variété isomérique de la stéarine, tandis que la margarine des huiles serait la véritable? C'est à de nouvelles recherches à éclairer ce sujet encore fort obscur.

## OLÉINE.

3728. L'oléine a été découverte par M. Chevreul. Elle existe dans toutes les huiles végétales et dans presque toutes les graisses animales.

D'après M. Chevreul, pour l'obtenir on chauffe la graisse de porc dans un matras avec sept ou huit fois son poids d'alcool presque bouillant, et d'une densité de 0,791 à 0,798. On décante la liqueur au bout de quelque temps, et on traite le résidu par de nouvel alcool, jusqu'à ce que toute la graisse soit dissoute. Chaque portion d'alcool en se refroidissant laisse déposer la stéarine impure sous forme de petites aiguilles, et retient l'oléine. En réduisant la dissolution à 1/8 de son volume, elle se rassemble en une couche semblable à de l'huile d'olive. Elle retient ainsi un peu de stéarine; pour la purifier on l'agite avec de l'eau, on la recueille dans un petit vase, et on la refroidit convenablement pour déterminer la précipitation d'une matière blanche et floconneuse. On filtre, et on expose de nouveau et successivement cette partie fluide à des températures de plus en plus basses, en filtrant après chaque exposition au froid, et on finit par obtenir de l'oléine fluide à 4° sous zéro, que M. Chevreul considère comme à peu près pure.

On peut encore pour obtenir l'oléine, se servir de la congélation et de l'imbibition; mais il faut toujours en dernier résultat la traiter par l'alcool, comme nous venons de le dire.

L'oléine est sans couleur, sans odeur, sans action sur le tournesol, d'une saveur douçâtre, analogue pour l'aspect et la consistance à l'huile d'olive blanche, fluide à 4°, insoluble dans l'eau, soluble dans 31 fois son poids d'alcool à 0,816 de densité et bouillant.

Sa pesanteur spécifique est de 0,913 à la température de 15°. Elle se congèle en une masse formée d'aiguilles,

lorsqu'on la soumet à un froid de 6 à 7°. Chauffée dans le vide, elle se vaporise sans se décomposer.

Mise en contact avec les 2/3 de son poids de potasse et quatre fois son poids d'eau, elle se saponifie et se convertit en acides oléique et margarique.

L'oléine de graisse de porc est composée de 79,030 de carbone, de 11,422 d'hydrogène et de 9,548 d'oxygène.

M. Pelouze est porté à croire que l'oléine possède une composition analogue à celle de la stéarine; la manière dont elle se comporte avec certains peroxydes la rapproche encore davantage de l'acide sulfovinique; de même que ce dernier, chauffé avec le peroxyde de manganèse, donne les produits de l'oxydation de l'alcool et du sulfate de protoxyde de manganèse, l'oléine de son côté fournit dans les mêmes circonstances les produits de l'oxydation de la glycérine et de l'oléate de manganèse.

### FABRICATION DES HUILES GRASSES EXTRAITES DU RÈGNE VÉGÉTAL.

3729. Les nombreux emplois des huiles grasses rendent leur fabrication d'une haute importance. Tout le monde sait que ces liquides précieux servent à la préparation des aliments et à l'éclairage, et qu'on en emploie des masses considérables dans la confection des savons.

Le midi et le nord de la France sont les régions les plus productives en huile.

L'olivier et les plantes à graines oléagineuses forment par leur culture une des branches les plus importantes de l'agriculture, et cependant l'abondance de ces végétaux est loin de satisfaire à la consommation actuelle de la France; les savonniers de Marseille surtout tirent une partie de leur huile de l'Espagne et de l'Italie. Les huiles à brûler et les suifs deviennent de plus en plus chers et recherchés.

Les matières premières propres à la fabrication des huiles sont en très grand nombre; mais quant aux pro-

cédés d'extraction, elles peuvent se ranger toutes dans deux classes qui sont :

1° Les olives.

2° Les graines provenant des plantes oléagineuses, etc.

Avec quelques légères modifications, on parviendrait peut-être cependant à employer les mêmes appareils d'extraction pour toutes ces matières premières.

Les graines les plus productives en huile, et celles qui sont généralement employées, sont :

Celles de *colza*, de *navette*, de *moutarde*, de *cameline*, d'*œillette ou de pavot*, de *lin*, de *chènevis*, de *faîne*.

Les *noix* donnent une huile assez estimée et qui peut être extraite par les procédés employés pour les graines oléagineuses.

Le tableau suivant indique les quantités d'huile qu'on peut retirer de ces différents fruits, et de quelques autres substances moins utilisées.

| 100 PARTIES en poids. | HUILE extraite. | 100 PARTIES en poids. | HUILE extraite. |
|---|---|---|---|
| Noix..... | 40 à 70 | Euphorbe épurge.... | 30 |
| Ricin commun..... | 62 | Moutarde sauvage... | 30 |
| Noisette..... | 60 | Cameline..... | 28 |
| Cresson alénois..... | 56 à 58 | Gaude..... | 29 à 36 |
| Amande douce..... | 40 à 54 | Courge..... | 25 |
| Amande amère..... | 28 à 46 | Citronnier..... | 25 |
| Œillette ou pavot... | 56 à 63 | Onoporde acanthe... | 25 |
| Radis oléifère..... | 50 | Graine d'épicéa..... | 24 |
| Sésame jugoline..... | 50 | Chènevis..... | 14 à 25 |
| Tilleul d'Europe..... | 48 | Lin..... | 11 à 22 |
| Arachide..... | 43 | Moutarde noire..... | 15 |
| Choux..... | 30 à 39 | Faîne..... | 15 à 17 |
| Moutarde blanche... | 36 à 38 | Soleil..... | 15 |
| Chou navet et navet | | Pomme épineuse.... | 15 |
| de Suède..... | 33,5 | Pépins de raisins.... | 1,4 à 22 |
| Prunier domestique. | 33,3 | Marrons d'Inde..... | 1,2 à 8 |
| Colza..... | 36 à 40 | Julienne..... | 18 |
| Navette..... | 30 à 36 | | |

Pour obtenir ces quantités d'huile, il faut que les fruits soient de bonne qualité, qu'ils soient dépouillés soigneuse-

ment de leurs siliques, enveloppes, bois, tiges, et de toutes les particules qui ne renferment pas d'huile et que celle-ci soit obtenue par les meilleurs moyens d'extraction.

Voici, sous une forme plus pratique et d'après d'autres renseignements, les produits des principales graines oléagineuses.

| | Poids de l'hectolitre. | Produits en litres. |
|---|---|---|
| Colza d'hiver . . . . . | 56 à 70 k. | 25 à 28 litres. |
| Id. d'été . . . . . | 54 à 65 | 21 à 25 |
| Navette . . . . . | 55 à 68 | 23 à 26 |
| Cameline . . . . . | 53 à 60 | 20 à 24 |
| OEillette ou pavot . . . . | 54 à 62 | 22 à 25 |
| Madia sativa . . . . . | 40 à 50 | 12 à 15 |
| De hêtre ou faîne . . . . | 42 à 50 | 12 à 15 |
| Chènevis ou chanvre . . | 38 à 47 | 11 à 13 |
| Huile de lin . . . . . | 67 k. sur échantillon. | 10 à 12 |
| Noix mondées . . . . . | Par 100 k. d'amandes. | 46 à 50 |
| Amandes douces . . . . | Par 100 k. id. | 44 à 48 |
| Olives. . . . . | Par 100 k. id. | 10 à 12 |

Les huiles ne sont pas toutes applicables aux mêmes objets. La base suivante fait connaître les principaux usages auxquels on les consacre.

| | |
|---|---|
| Colza . . . . . | *Eclairage.* |
| Navette . . . . . | |
| Cameline . . . . . | |
| OEillette. . . . . | Récente, alimentaire ; peinture, savon. |
| Madia sativa . . . . . | Récente, alimentaire ; savons. |
| De hêtre ou faine . . . . | Récente, alimentaire ; savons, peinture. |
| Chènevis ou chanvre . . | *Savons verts*, peinture. |
| Huile de lin . . . . . | *Peinture, vernis typographique.* |
| Noix mondées . . . . . | Récente, alimentaire; peinture, éclairage. |
| Amandes douces . . . . | |
| Olives . . . . . | *Alimentaire, savons, éclairage.* |

3730. Les différences notables qui existent maintenant dans l'extraction de l'huile des olives et de l'huile des graines, ne permettent pas de ranger dans le même cadre la description des procédés employés dans les deux fabrications. Nous commencerons donc par l'extraction de l'huile de graines, parce que les appareils qu'on y emploie sont bien supérieurs à ceux qui servent à la fabrication de l'huile d'olive.

Toutes les manipulations nécessaires pour arriver à ex-

traire aussi complètement que possible l'huile des graines, se réduisent à deux principales : *le broyage de la graine et le pressage ou extraction proprement dite;* ces deux opérations se succèdent en s'entremêlant, et pour qu'elles atteignent complètement leur but, on a recours à quelques précautions spéciales.

Le détail des opérations, telles qu'on les exécute dans la plupart des huileries, peut s'énoncer comme il suit :

1° Premier écorsage et froissage des graines;

2° Chauffage de la graine à feu nu, ou à la vapeur, afin de rendre l'huile plus fluide;

3° Première pression soit au moyen des presses à coins, à vis ou des presses hydrauliques;

4° Second écrasage des graines pressées, ou *rebat;*

5° Nouveau chauffage de la graine;

6° Seconde pression.

Plusieurs appareils sont en usage pour écraser et froisser les graines. Dans le département du Nord, aux environs de Lille, où plus de quatre cents moulins à vent sont employés à l'extraction de l'huile, l'axe des ailes porte les cames nécessaires pour mettre en mouvement des pilons de Bocard et de presses à coins.

Les pilons qui sont destinés à écraser la graine, sont formés d'une tige de bois de chêne, armée d'une tête en fer cannelée à la partie inférieure; le mortier est creusé dans deux fortes pièces de charpente, les parois en sont garnies de tôle et le fond est formé d'une pièce de fonte brute. Ce procédé de broyage n'a d'autres avantages que sa simplicité et son économie, qui le mettent à la portée des petits exploitants et même des agriculteurs. Mais, d'un autre côté, il présente tous les inconvénients résultants du bruit continuel que donnent les pilons, de leurs chocs destructifs, de leur faible travail, ce qui oblige à en avoir un très grand nombre. A son tour, l'emploi du vent occasionne un travail peu facile et trop souvent interrompu; tous ces

inconvénients, nous le répétons, limitent l'emploi des pilons aux huileries peu importantes.

Dans quelques moulins où on emploie les pilons, on rend le froissage des graines plus facile et plus parfait en faisant d'abord passer la graine entre des cylindres en fonte que l'on peut rapprocher à volonté ; réduite en fragments, elle ne glisse plus sous les chocs du pilon et le travail en devient plus prompt.

Dans quelques uns des moulins à huile du Nord, on a substitué aux pilons des espèces de moulins à café verticaux dans lesquels la graine, arrivant par une trémie, se trouve à la fois déchirée et broyée ; la pression qu'elle éprouve en passant entre deux disques cannelés qui produisent cet effet, permet même à une partie de l'huile de s'écouler. Cet appareil très simple, peu coûteux, produit d'ailleurs un effet analogue aux meules destinées à moudre le grain ; seulement, les disques en fonte d'un très petit diamètre qui remplacent les meules en grès sont cannelés et placés verticalement. La nature même de la matière broyée empêche l'usure trop rapide des cannelures ; l'huile des graines lubrifie les surfaces et adoucit considérablement les frottements.

Les constructeurs ont varié les formes des appareils analogues aux précédents ; ainsi, quelquefois les surfaces cannelées frottantes ont un mouvement rectiligne alternatif ; d'autres fois le mouvement est circulaire ; quelquefois, enfin, les surfaces sont coniques comme dans les moulins à café.

Nous ne nous arrêterons pas sur tous ces appareils dont le principe est le même, et qui sont préférables aux pilons, en ce que leurs effets sont plus constants, que le broyage est continu et plus parfait ; enfin, qu'ils exigent un emplacement moins grand, moins de solidité et une main-d'œuvre moins considérable ; du reste, ces appareils n'ont été employés que dans de petites huileries.

3731. Nous allons maintenant passer à la description des

procédés de broyage employés dans les grandes fabriques, procédés qui exigent en général une force plus grande que celle qu'on retire des moulins à vent, et qui par cette raison ne sont guère en usage que dans des usines marchant par l'eau ou la vapeur.

Dans ces huileries bien montées, le broyage de la graine se produit successivement par deux machines différentes.

La première est destinée à concasser les graines, afin de les empêcher de glisser sous les meules qui doivent terminer le broyage, et qui forment le second appareil.

Une des machines les plus employées au concassage des graines, se compose de deux cylindres creux en fonte, bien tournés, marchant en sens inverse avec une vitesse égale, et conservant entre eux une distance que l'on peut à volonté réduire ou augmenter. L'un des deux cylindres reçoit le mouvement du moteur à l'aide d'une poulie ou d'un engrenage, et il le transmet au second cylindre par des engrenages placés sur les axes. Une trémie en bois, continuellement pleine, alimente uniformément les cylindres, au moyen d'un petit rouleau cannelé qui ferme l'ouverture inférieure de la trémie et dont la vitesse, facile à régler par une poulie à plusieurs gorges, permet de livrer aux laminoirs une plus ou moins grande quantité de graine.

Ces deux cylindres d'une longueur plus ou moins grande, d'un diamètre de 15 centimètres, tournant lentement, peuvent concasser par jour 40 décalitres de graines, et alimenter aisément deux paires des meules que nous allons décrire.

Les graines concassées sont de suite portées au moulin à écraser ou froisser.

Ce moulin à meules verticales, adopté dans une foule de fabrications, a été considérablement amélioré pour la fabrication de l'huile; il est représenté avec tous les perfectionnements, et tel qu'il marche maintenant dans plusieurs grandes huileries, planche 115, *fig.* 1 et 2.

Dans la belle usine de M. Kenson et comp., à Saint-Quentin, cinq paires de ces meules verticales sont disposées sur une même ligne et marchent continuellement; un arbre de couche, recevant le mouvement d'une machine à vapeur, passe au dessus de ces moulins et leur transmet le mouvement par engrenages coniques; le même moteur fait marcher tous les autres appareils tels que chauffoirs, presses hydrauliques horizontales, etc., qui complètent l'ensemble de ce bel atelier d'extraction.

Les meules étant en mouvement et le résultat d'une précédente opération étant retiré, on soulève le ramasseur à la position indiquée par les lignes ponctuées (*fig.* 2, pl. 115), en pressant sur le bras de levier K et en l'engageant sous le taquet *i* fixé sur un des montants du racloir I. On jette alors dans l'auge circulaire où se meuvent les deux meules une charge de graines concassées; ordinairement, chaque charge se compose de trois quarts d'hectolitre (de 60 à 75 kilog. suivant l'espèce de graine). Comme on le verra dans la légende, l'entaille *a a*, dans laquelle passe l'essieu des meules, permet à celles-ci de monter ou de descendre selon l'obstacle plus ou moins grand qu'elles rencontrent; elles agissent donc sur la graine par leur propre poids; mais comme elles sont cylindriques, et que la surface sur laquelle elles se meuvent est plane, il s'ensuit nécessairement que dans leur rotation autour de l'arbre C C elles doivent glisser ou pivoter sur le milieu de leur épaisseur; de sorte que non seulement la graine se trouve écrasée par un poids très considérable, mais encore qu'elle se trouve froissée par ce mouvement de torsion et refoulée vers les deux bords de l'auge. Ce second mouvement des meules empêche la graine de s'entasser et de faire corps sous leur action.

Les râcloirs H, I, fixés par des traverses P Q à l'arbre C, ramènent sous les meules, le premier la graine refoulée vers le centre, le second celle qui s'écarte vers la périphérie.

Lorsque la graine est arrivée à l'état pâteux convenable

on décroche le bras de levier K, et le ramasseur J reposant sur la surface de la meule DD, entraîne la graine et la fait tomber dans un bassin inférieur, par la vanne G que l'on a ouverte.

La graine étant expulsée de l'auge, on referme la vanne G, on soulève de nouveau le râcloir J, on recharge trois quarts d'hectolitre et ainsi de suite.

Les meules sont le plus souvent en granit; le grès, le porphyre, le marbre et la pierre calcaire dure et compacte sont aussi propres à cet usage; dans quelques pays, on se sert avec profit de meules en fonte. En général, ces meules ont un diamètre de 2 mètres à 2 mètres 30 et une épaisseur de 0 mètres 40 à 0 mètres 45, non compris le biseau pratiqué en enlevant une des arrêtes et qui a 6 à 7 centimètres. Le poids d'une paire de meules des dimensions ci-dessus, en granit, est à peu près de 7 à 8,000 kilogrammes; elles font en général onze tours par minute; le temps du froissage d'une charge de trois quarts d'hectolitre, qui équivaut, comme nous l'avons dit, de 60 à 75 kilog., est de quinze à vingt minutes, de sorte qu'en douze heures de travail une paire de meule peut écraser de 2,500 à 3,000 kilogr. de graines.

Les meules verticales ne servent pas seulement à froisser une première fois les graines, mais bien aussi à les rebattre lorsqu'elles ont subi une première pression. Dans ce rebattage les parties contenant encore de l'huile sont atteintes et laissent écouler ce liquide à leur tour. Nous reviendrons sur cette opération.

Dans quelques fabriques, et pour les vieilles graines surtout, on ajoute pendant le broyage une petite quantité d'eau qui, agissant par déplacement, se met à la place de l'huile et rend son extraction plus facile. Cependant les inconvénients que présente cette addition d'eau font qu'elle n'est pas toujours mise en usage.

3732. Quand les graines sont suffisamment broyées par

un des procédés dont nous venons de parler, elles forment une pâte dont l'huile constitue la partie liquide.

Quelquefois, son extraction se fait de suite, en soumettant la matière pâteuse à une pression énergique ; ce mode de travail donne, il est vrai, une *huile vierge* d'un goût agréable et bien plus propre à l'apprêt des aliments ; mais aussi plus difficile à extraire, d'un rendement moindre et d'un travail plus long.

On obtient des résultats tout opposés, si la graine est préalablement soumise à une certaine température dans des appareils nommés *chauffoirs*.

Cette différence est facile à concevoir. En effet, les huiles se trouvent mélangées dans les graines avec un suc aqueux contenant soit de la légumine, soit de l'albumine, soit du mucilage, qui en s'écoulant à froid, sous une forte pression, donnent un liquide visqueux et difficile à épurer. Si l'on vient à chauffer la graine avant la pression, tous ces inconvénients disparaissent, l'albumine se coagule et reste dans le résidu ; l'huile devient plus fluide, s'écoule plus facilement en plus grande abondance et avec une pression moindre. Cependant, nous le rappelons, le chauffage de la graine a l'inconvénient d'altérer un peu la saveur des huiles, surtout lorsqu'on employe des chauffoirs mal disposés ; mais cette circonstance n'ôte aucune valeur aux huiles destinées soit à la confection des savons soit à l'éclairage.

Les appareils destinés au chauffage des graines broyées, sont ordinairement des vases en cuivre ou en fonte, chauffés, soit directement à feu nu, soit au moyen de la vapeur, surtout lorsque le moteur est lui-même une machine à vapeur.

Les figures 3, 4, 5 et 6 de la planche 117 et la légende qui leur est relative donnent les détails d'un chauffoir à feu nu, construit par M. Maudsley. Ce mode de chauffage a tous les inconvénients que nous avons déjà bien des fois fait remarquer, lorsqu'il s'applique à des substances facilement

altérables par une température un peu élevée ; ainsi, sans parler des embarras que présenteraient cinq ou six foyers dans une huilerie possédant un nombre égal de chauffoirs, il peut résulter de la difficulté de diriger convenablement la température, qu'on n'évite pas la torréfaction de la graine, ce qui diminue la quantité d'huile obtenue et altère sa qualité. Dans l'appareil à feu nu de M. Maudsley, les chances d'altération sont diminuées, il est vrai, par l'emploi d'un agitateur GG, (*fig.* 3 et 5, pl. 117), mu mécaniquement, qui renouvelle les surfaces et empêche la graine d'adhérer au fond du chauffoir; mais malgré ce perfectionnement, on devrait, dans les huileries qui ne marchent pas à la vapeur, chauffer cet appareil au bain-marie.

Mais les chauffoirs à vapeur, doivent être employés dans toutes les fabriques un peu importantes, et dans ce cas le même générateur qui fait marcher la machine fournit la vapeur nécessaire pour élever la température des chauffoirs, tandis qu'à feu nu et même au bain-marie, chaque chauffoir exige un foyer spécial.

3733. Lorsque, au bout de quelques minutes, les graines écrasées sont suffisamment chaudes, on retire la double porte FF, et on reçoit la pâte dans des sacs, disposés pour la recevoir, au dessous de l'ouverture G. Ces sacs, qui retiennnent le marc pendant la pression, sont en étoffe de laine appelée *morfil*; lorsqu'ils sont remplis et qu'on a rabattu les six ou huit centimètres de vide qui restent, on les enveloppe de suite dans des étendelles de crin doublées de cuir, et on les porte dans l'appareil destiné à extraire l'huile.

Bien des systèmes de presses ont été employés pour l'extraction de l'huile; ce sont : les presses à vis, les presses à coins et les presses hydrauliques. Toutes ces presses doivent donner une pression énergique dans le moins de temps possible; si la pression n'est pas assez forte, le tourteau formant éponge retient beaucoup d'huile.

*Les presses à vis en bois*, semblables à celles qui sont

employées dans la fabrication du vin, du cidre, etc., absorbent par les frottements une quantité notable de la force motrice; elles ne peuvent donner, à moins d'une construction soignée, qu'un effet peu considérable; enfin elles exigent une main-d'œuvre assez grande.

*Les presses à vis en fer* sont une modification des précédentes; elles sont peu employées.

*Les presses à coins* sont le plus généralement employées; elles sont surtout en usage dans les moulins à vent; elles exercent une action très énergique; elles sont simples, faciles à établir et à entretenir; enfin, leur prix peu élevé les met à la portée des petites fabriques agricoles éloignées des secours des mécaniciens; mais ces machines produisent un bruit insupportable, ébranlent par les chocs répétés toutes les parties du bâtiment et exigent un matériel et un emplacement assez considérables.

La planche 117, figures 1, 2, 7 et 8, et la légende qui leur est relative donnent, sur une presse à coins bien construite, assez de détails pour que nous nous dispensions d'en parler plus au long.

La première pression ou froissage qui se donne avec les presses à coins exige une douzaine de coups de maillet seulement; on laisse alors reposer pendant quelques minutes afin de donner à l'huile le temps de s'écouler; pendant ce temps, les ouvriers préparent de nouveaux sacs; on dépresse ensuite, en laissant retomber le maillet sur la clef de desserrage. Les tourteaux sont soumis aux opérations que nous indiquerons plus loin.

Le poids des maillets d'une presse à coins est ordinairement de 250 à 300 kilogrammes; la hauteur de la chute sur les coins est de $0^m,40$ au minimum, et de 0,55 centimètres au maximum; dans les moulins à vent du Nord, un cadran mu par un encliquetage indique le nombre des coups battus par le pilon et agite une sonnette quand la pression est terminée.

Une bonne presse à coins de M. Maudsley, semblable à celle dont nous avons donné le dessin, peut produire un effet de 50 à 75000 kilogrammes sur chaque tourteau, dont les dimensions sont les suivantes: grande base 0,20, petite base 0,18, hauteur 45 centimètres; on a à peu près 8 décimètres carrés de surface.

*Des presses hydrauliques.* Nous ne nous arrêterons pas sur les presses hydrauliques verticales, dont nous avons déjà eu l'occasion de parler dans la fabrication du sucre de betteraves. (pl. 95.) Ces presses sont avantageuses en ce sens qu'elles donnent une pression énergique; mais elles le sont moins que les presses hydrauliques horizontales qui ont la même propriété, mais qui rendent la main-d'œuvre bien plus facile. Ce dernier moyen de pression est en usage dans toutes les huileries un peu importantes et bien montées, et il donne des résultats beaucoup plus avantageux que tous les autres procédés. Nous avons également donné les détails d'une presse horizontale dans la fabrication des bougies stéariques. (*Voir* cette fabrication, pl. 120, *fig.* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8.)

Une modification des plus importantes apportée récemment dans les procédés d'extraction de l'huile des graines, consiste dans l'emploi des presses horizontales à doubles parois chauffées à la vapeur; ces presses perfectionnées, dont l'usage commence à se répandre, facilitent beaucoup l'extraction complète de l'huile, en entretenant pendant toute la pression une température élevée dans les tourteaux.

Mais, il faut le dire, ces machines si avantageuses dans des usines importantes où le travail doit toujours être régulier, ne sont pas à la portée du plus grand nombre des huileries; leur prix est trop élevé, et leur entretien exige des soins que l'on est loin de pouvoir se procurer par tout. Quelques unes des presses horizontales employées sont doubles, de sorte que, pendant que l'un des plateaux presse, l'autre au contraire desserre; cette disposition per-

met d'économiser de l'argent, du temps et de l'espace.

Dans chaque presse horizontale, on peut à la fois presser plusieurs tourteaux de graines.

3734. Quel que soit le système de presse employé, l'extraction complète de l'huile exige au moins deux pressions ; on prépare la graine à la seconde par les opérations suivantes.

Après avoir retiré le tourteau du sac qui l'enveloppait, on le concasse grossièrement à la main, ou mieux à l'aide de deux cylindres, et on jette les débris sous les pilons ou sous les meules verticales où ils subissent un second écrasage nommé *rebat*. Dans les fabriques considérables, le rebat se fait sous des meules spéciales ; dans celles qui sont moins importantes, la même paire de meules sert aux deux broyages.

Au bout d'une dixaine de minutes, la pâte étant suffisamment rebattue on la retire, et on élève de nouveau sa température dans les chauffoirs ; on la reçoit ensuite dans des sacs, et on porte de nouveau ces derniers aux presses.

L'huile qui provient de cette seconde pression est moins pure que la première, elle est aussi plus difficile à extraire ; dans la presse à coins il faut quarante à cinquante coups de maillet.

Dans les presses hydrauliques horizontales à parois chauffées, cette seconde extraction s'opère avec plus de facilité.

Les tourteaux qu'on retire des sacs sont durs, secs, solides et n'ont plus que 1 centimètre 1/2 d'épaisseur ; on tranche les bords qui échappent toujours un peu à la pression ; les ébarbures sont mêlées à un des rebats suivants.

Les tourteaux servent ensuite à nourrir les bestiaux ou à fumer les terres. On en fait, pour ce dernier emploi, une grande consommation dans le Nord.

L'huile qui s'écoule des deux pressions est quelquefois séparée ; mais le plus souvent elle est mélangée et elle se rend dans des réservoirs communs placés dans les caves.

## DE L'ÉPURATION DES HUILES DE GRAINES.

3735. Au sortir des presses, les huiles contiennent toujours une partie du mucilage, de la matière colorante et des principes résineux renfermés dans la graine, et qui lui donnent une odeur, une saveur et une apparence particulières.

Un séjour prolongé dans des caves fraîches les clarifie en partie, en laissant précipiter les matières en suspension; mais ce simple repos ne suffit pas, et il reste encore dans l'huile beaucoup de substances qui la rendraient impropre à plusieurs usages, et particulièrement à l'éclairage. Il est nécessaire de l'épurer par un moyen chimique.

On doit à M. Thénard un procédé qui, bien appliqué, donne de bons résultats.

L'huile à épurer étant placée dans un tonneau que l'on n'emplit qu'à moitié, on y verse alors peu à peu, et en agitant fortement, 2 centièmes du poids de l'huile en acide sulfurique concentré. On continue à brasser, jusqu'à ce que toute la masse liquide ait pris une teinte verdâtre. Au bout de vingt-quatre heures de repos, pendant lesquelles l'acide sulfurique s'empare de toutes les matières étrangères, on ajoute un volume d'eau pure à 75° centig., égal aux 2/3 de celui de l'huile; on agite fortement, jusqu'à ce que le liquide ait une apparence laiteuse. Deux ou trois semaines de repos dans un atelier où la température est maintenue de 25 à 30° centig., sont nécessaires pour que l'huile s'éclaircisse, et qu'un dépôt noirâtre se forme au fond du tonneau.

On décante alors l'huile surnageante au moyen d'un robinet, et on la reçoit dans des cuves dont le fond est percé de trous garnis de mèches de coton ou de laine cardée. En sortant de là, l'huile est parfaitement épurée et propre à l'éclairage.

Plusieurs dispositions de filtres faciles à concevoir pourraient avantageusement remplacer les mèches de coton.

M. Dubrunfaut s'est servi d'un filtre dans lequel la matière filtrante, en couche plus ou moins épaisse, était maintenue entre deux treillages en bois.

On a modifié le procédé d'épuration que nous venons de décrire, afin d'éviter quelques inconvénients qu'il présentait, savoir la longueur de l'opération et la quantité notable d'eau que retient l'huile. On sature l'acide par du carbonate de chaux.

On ajoute les deux pour cent d'acide sulfurique, comme nous l'avons dit plus haut. Quelque temps après, quand le dépôt commence à s'opérer, on ajoute, peu à peu, la craie délayée en bouillie épaisse; le papier de tournesol indique le point de saturation; on laisse reposer alors pendant quelques heures seulement et on soutire dans les filtres à coton. Au lieu de terminer l'épuration par une filtration toujours longue et embarrassante, on se sert dans le Nord et à Paris d'un procédé qui donne de bons résultats.

Dans une futaille contenant 7 hectolitres, on verse 6 hectolitres de l'huile encore trouble, et on la bat avec 50 kilogrammes de tourteaux de graine bien secs et pulvérisés; au bout de vingt minutes, on laisse déposer. Après huit à neuf jours, on peut soutirer par un robinet élevé une partie de l'huile, à peu près 4 hectolitres, qui sont parfaitement clairs et qu'on remplace par une égale quantité d'huile trouble. Trois jours après, le soutirage se réitère et on répète la même opération jusqu'à ce que les 50 kilogrammes de tourteaux ne clarifient plus, ce qui n'arrive guère que lorsqu'on a traité 200 hectolitres d'huile.

Le dépôt produit, quand l'épuration s'opère par l'acide sulfurique seulement, peut donner par la pression, et après avoir été chauffé dans de l'eau, 80 p. 100 de son poids d'huile, qui clarifiée et filtrée est presque aussi bonne que la précédente.

Nous allons étudier maintenant quelques huiles de graines en particulier; nous les diviserons en deux groupes, savoir:

les huiles de graines non siccatives, et les huiles de graines siccatives.

### HUILE DE GRAINES NON SICCATIVES.

3736. *Huile de navette.* L'huile de navette s'extrait des semences des brassica rapa et napus. Elle est jaune, visqueuse, d'une saveur agréable et d'une odeur analogue à celle des plantes crucifères. Elle se congèle à la température de — 3° 75 et se prend alors en une masse jaune. La pesanteur spécifique de l'huile extraite du brassica napus est de 0,9128 à 15°, et celle provenant du brassica rapa est de 0,9167.

On l'extrait, en broyant la graine, la faisant ordinairement chauffer avec un peu d'eau et la soumettant à la presse. Dans cet état, elle retient une certaine quantité de matière colorante, qui la rend impropre à l'éclairage; employée ainsi à cet usage, elle obstruerait les pores de la mèche et brûlerait en donnant une flamme faible et beaucoup de fumée. Pour la purifier, on se sert du procédé de M. Thénard.

L'huile de navette est principalement employée pour l'éclairage et la fabrication des savons verts, dans le foulage des étoffes de laine et la préparation des cuirs. Elle entre aussi, mais pour une petite quantité, dans la composition du savon ordinaire. Elle s'obtient dans le Nord de la France.

*Huile de colza.* On nomme ainsi une espèce d'huile de navette, de meilleure qualité, qui s'extrait du brassica campestris. Sa pesanteur spécifique est de 0,9136 à la température de 15°, et elle se congèle à — 6°. Ce sont les départements du nord qui fournissent à la consommation la majeure partie de cette huile; elle est employée aux mêmes usages que la précédente. L'huile de colza peut servir à l'éclairage sans purification préalable.

*Huile de moutarde.* Elle s'extrait de la graine de mou-

tarde (sinapis alba et nigra). Cette huile est inodore, plus épaisse que l'huile d'olives, à saveur douce et couleur ambrée; à la température de 15°, la densité de l'huile extraite de la graine de moutarde noire est de 0,9170; celle de l'huile provenant de la graine de moutarde jaune est de 0,9142; elle se congèle au dessous de 0. Elle donne facilement un savon très solide, et commence à être employée aux mêmes usages que l'huile de navette et de Colza.

*Huile des noyaux de prune.* On la retire des noyaux du prunus domestica. Elle est limpide, jaune brunâtre, inodore et d'une saveur analogue à celle des amandes. A la température de 15°, sa pesanteur spécifique est de 0,9127. Elle se congèle à — 9°. Elle rancit facilement. C'est une des meilleures huiles d'éclairage.

*Huile de faine.* Elle provient des semences du hêtre, fagus sylvatica. Elle est consistante, jaune clair, inodore. Quand elle est récente, sa saveur est un peu âcre; mais elle la perd en vieillissant ou par l'ébullition avec de l'eau. Elle est employée dans les départements de l'est de la France pour la cuisine et l'éclairage; on en fabrique aussi des savons noirs. A la température de 15°, sa densité est de 0,9225. A — 17°,5 elle se congèle en une masse blanc jaunâtre.

*Huile de noisette.* On l'extrait de l'amande du corylus avellana, qui en fournit 60 pour 100. Elle est limpide, jaune clair, inodore, d'une saveur douce et agréable. Sa pesanteur spécifique est de 0,9242 à la température de 15; à — 19° elle se congèle.

*Huile de ben.* On l'extrait des semences du moringa aptera. Elle est incolore, sans odeur et d'une saveur agréable. Peu de temps après qu'elle a été exprimée, elle se sépare en margarine et en oléine. Cette dernière a été longtemps employée presque exclusivement par les horlogers, pour adoucir le frottement des mouvements des

montres, à cause du double avantage qu'elle présente de ne pas se figer et de ne pas rancir. Les parfumeurs emploient l'huile de ben pour conserver l'odeur fugace du jasmin et de la tubéreuse.

*Huile de caméline.* On l'extrait du miagrum sativum. Elle est jaunâtre, d'une odeur particulière et d'une saveur agréable. Elle se congèle à — 18°. Sa densité est de 0,9252 à la température de 15°. Elle est préférable aux huiles de colza et de navette pour l'éclairage, parce qu'elle donne moins de fumée en brûlant. Cependant elle est un peu moins estimée dans le commerce.

*Huile de madia sativa.* L'huile que l'on retire du *madia sativa* est d'une qualité supérieure et d'un goût plus agréable que celle qui provient de quelques autres plantes oléifères. Ces avantages ont fait penser qu'elle pourrait être extraite avec avantage; jusqu'ici, la question n'a pas été complètement tranchée, cependant elle présente assez d'intérêt pour que nous en disions quelques mots.

Le madia appartient aux cultures d'été, il donne moins de produit que le colza et la navette d'hiver; il est comparable sous ce rapport à l'œillette et à la navette d'été; il donne de l'huile d'un goût préférable à celle de la caméline.

M. Boussingault, qui a fait de nombreuses recherches sur la culture du madia sativa, a obtenu les résultats suivants :

Un hectare, fumé de 54,000 kil. de fumier, a donné 21,60 hectolitres de graines, semences déduites. L'hectolitre a pesé 51 kil.; poids total 1101,6 kil. Les fanes desséchées pesaient 3500 kil. Cette quantité de graines a donné 323,57 litres d'huile de très bonne qualité, soit près de 15 litres par hectolitre. L'hectolitre d'huile pesait 89,20 kil. L'hectare de terre a donc produit 289 kil. d'huile. Le poids des tourteaux s'est élevé à 775,8 kil.

En résumé, 100 kil. de graines ont donné :

| | |
|---|---|
| Huile..... | 26,24 |
| Tourteaux.... | 70,42 |
| Déchet..... | 3,34 |
| | 100,00 |

On avait cultivé simultanément avec le madia des carottes, dont le produit s'est élevé pour l'hectare à 14,631 kil., sans fanes.

Dans les mêmes circonstances, une autre année, M. Boussingault obtint des résultats bien moins favorables.

L'hectare a produit :

9,14 hect. de graines × 51 kil., total 471 kil. de graines
Les fanes ont pesé ..... 3488 kil.

Les 471 kil. de graines ont donné 97,75 d'huile et 299 de tourteaux. C'est près de trois fois moins que l'année d'auparvant.

100 kil. de graines de cette seconde récolte ont produit :

| | |
|---|---|
| Huile..... | 20,75 |
| Tourteaux.... | 63,48 |
| Déchet..... | 15,77 |
| | 100,00 |

Les carottes obtenues simultanément pesaient 2985 kil.

M. Boussingault attribue le mauvais résultat de cette seconde récolte au manque d'eau ; il pense en outre que la culture du madia sativa serait profitable dans les départements de l'Est.

Des expériences faites sur l'huile obtenue ont démontré qu'on en pouvait faire un savon solide, analogue à celui de Marseille.

## HUILES SICCATIVES.

3737. *Huile de lin.* Elle s'extrait de la semence du lin commun. Sa couleur est jaune clair, quand elle est expri-

mée à froid, et jaune brunâtre, quand elle l'est à chaud. La meilleure est celle obtenue par l'expression à froid; la seconde devient facilement rance. A — 20° elle prend une couleur plus pâle, et à — 27°, 5 elle se congèle en une masse solide jaune. Elle se solidifie vers — 16°, quand cette température est maintenue pendant quelques jours. D'après de Saussure, sa pesanteur spécifique est de 0,9395 à 12°.

L'huile de lin est une des huiles le plus employées. Elle entre dans la composition des vernis gras et des couleurs à l'huile. Pour les vernis, il est nécessaire d'augmenter sa qualité siccative. Pour cela, on fait bouillir l'huile de lin pendant trois à six heures dans un pot vernissé; on y ajoute sept à huit centièmes de son poids de litharge, et on remue le tout. On l'écume avec soin, et quand elle a acquis une couleur rougeâtre, on la retire du feu et on la laisse se clarifier par le repos. Il paraît que dans cette opération, il se forme du stéarate et de l'oléate de plomb qui se dissolvent et peuvent ainsi contribuer à la dessiccation. Il est probable aussi que la litharge fournit de l'oxygène; car la majeure partie de l'oxyde est partiellement réduite et se rassemble au fond du vase, sous forme d'une poudre gris foncé, qu'on sépare du vernis par la filtration. Cette huile ainsi préparée, porte le nom d'huile de lin cuite.

L'huile de lin est aussi celle avec laquelle on prépare l'encre des imprimeurs. A cet effet, on fait bouillir l'huile dans un pot de terre. Après une cuisson suffisante, on retire la chaudière du feu, on la découvre et on enflamme l'huile. On la laisse brûler pendant environ une demi-heure, on l'éteint et on la laisse bouillir doucement, jusqu'à ce qu'elle ait acquis une consistance convenable. Après le refroidissement, on ajoute à l'huile un sixième de son poids de noir de fumée bien calciné, et on remue le mélange, jusqu'à ce qu'il soit homogène.

Dans la peinture blanche au blanc de plomb, et pour d'autres couleurs claires, on emploie l'huile de lin sans la faire bouillir d'avance avec la litharge. Elle sèche alors plus lentement, mais l'éclat de la couleur est mieux conservé.

Le vernis d'huile de lin est appliqué sur les cuirs, et les rend ainsi plus résistants, si le cuir est préalablement bien préparé. Le vernis noir est le seul que la mode ait adopté. Les vernis jaunes, bruns, etc., sont d'une couleur trop lourde.

Les taffetas dits gommés sont des taffetas rendus imperméables par plusieurs couches successives d'huile de lin lithargirée. Lorsqu'ils ont reçu leur enduit, on les expose à l'action de l'air qui résinifie l'huile et la rend ainsi insoluble dans l'eau. Le taffetas jaune doit sa couleur à l'huile même; le taffetas vert à une addition de bleu de Prusse.

On se sert encore de l'huile de lin pour la fabrication des toiles cirées. Elle est même employée à l'éclairage.

*Huile de noix*. Elle s'extrait de la noix, fruit du noyer, ou juglans regia. Elle est d'un blanc verdâtre, inodore et d'une saveur particulière. Elle se congèle en une masse blanche à — 27°, 5.

D'après M. de Saussure, sa pesanteur spécifique est de 0,9283 à 12°, de 0,9194 à 25°, et de 0,871 à 94°.

Plus siccative que l'huile de lin, elle est employée de préférence dans la peinture fine. On s'en sert aussi pour les vernis, l'éclairage, le savon vert. Lorsqu'elle est récente, on l'emploie comme aliment dans certains pays. Elle est rangée en médecine parmi les substances purgatives. L'huile âcre a une propriété purgative que l'huile douce ne possède pas au même degré.

*Huile de chènevis*. Elle s'extrait du chènevis, graine du cannabis sativa ou chanvre ordinaire. Récente, elle est d'un jaune verdâtre, mais elle devient d'un jaune pâle avec le temps. Son odeur est désagréable, sa saveur fade. Elle se

congèle à —27°,5. Sa pesanteur spécifique est de 0,9276 à 12°. On l'emploie pour la peinture et surtout pour la fabrication du savon vert. On s'en sert peu dans l'éclairage, parce qu'elle forme vernis sur le bord des lampes.

*Huile d'œillette*. Elle s'extrait par expression des graines de pavot (papaver somniferum). Elle est d'un jaune pâle, sans odeur, et d'une légère saveur d'amande. Sa pesanteur spécifique est de 0,9249 à 15°. Elle se solidifie à — 18°.

Elle est employée pour la table en remplacement de l'huile d'olives, qu'elle sert quelquefois à falsifier. Rendue plus siccative par la litharge, on s'en sert souvent en peinture. Elle est employée aussi dans l'éclairage.

### HUILE D'OLIVE.

3738. L'huile d'olive s'extrait en Provence, en Italie et en Espagne, sur la côte d'Afrique, des fruits de l'olivier, olea Europæa.

Si on veut que l'huile possède le goût de fruit, comme les huiles d'Aix et de Provence, on recueille les olives un peu avant qu'elles aient atteint leur maturité; si on attend la maturation complète, on obtient une huile aussi fine, mais dépourvue de la saveur de l'olive. Les olives qui ne sont pas assez mûres donnent une huile d'un goût âpre et amer; dans le cas contraire, c'est à dire si le point de maturation a été trop dépassé, on recueille une huile trop grasse et susceptible de prendre une saveur rance.

Il est donc nécessaire de faire la récolte au moment le plus convenable, et c'est ordinairement en novembre et décembre; si on laisse plus longtemps les olives sur l'arbre, elles perdent chaque jour de leur valeur et finissent par donner une huile de très mauvaise qualité.

La méthode la plus mauvaise, et cependant la plus généralement en usage pour récolter les olives, consiste à les abattre avec une gaule. Il résulte de ce procédé une détérioration nuisible de l'arbre, et on obtient des olives meur-

tries, qui, si elles ne sont pas traitées de suite, subissent des altérations spontanées et donnent de l'huile de mauvais goût. Il est bien préférable de cueillir les olives à la main; la main-d'œuvre est amplement compensée; le produit est plus abondant et l'huile présente une qualité supérieure.

Lorsque les olives récoltées sont au maximum de maturité et qu'on veut obtenir une huile fine, on les porte de suite au moulin; mais, quand on les a cueillies un peu avant leur maturité et qu'on veut conserver à l'huile le goût de fruit, on les dispose en couche de quelques centimètres à l'abri de l'humidité, pendant vingt-quatre à quarante-huit heures, jusqu'à ce qu'elles commencent à se rider.

Quand on ne tient pas à avoir de l'huile de première qualité, on suit un procédé différent; les olives gaulées, au fur et à mesure de la récolte, sont amoncelées dans des magasins jusqu'au moment de l'extraction, c'est à dire pendant huit, quinze jours et quelquefois des mois entiers. Comme il est facile de le prévoir, la fermentation ne tarde pas à s'établir dans l'intérieur des tas; on perd de l'huile, et celle qui reste est de mauvais goût et n'est le plus souvent propre qu'à l'éclairage et à la confection des savons. Les olives ainsi abandonnées prennent le nom d'olives marcies, et malgré les inconvénients très graves que nous venons d'indiquer, il vaut mieux conserver les olives de cette manière, que de les laisser exposées sur les arbres aux intempéries de l'air et à une foule d'autres agents de destruction. Il serait cependant important, toutes les fois qu'on garde ou qu'on laisse marcir les olives, de prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas perdre par la fermentation une partie de l'huile; ainsi, la pièce où sont renfermés les fruits, devrait être à l'abri de l'humidité et parfaitement aérée; des canaux devraient être réservés dans toute la masse pour laisser librement circuler l'air et les gaz. On devrait les retourner de temps en temps; enfin, on devrait les dis-

poser de manière que les premières récoltes fussent passées les premières au moulin.

Les procédés généralement employés dans le midi de la France, pour l'extraction de l'huile des olives, sont extrêmement défectueux ; ils exigent en effet deux fabrications tout à fait séparées. Dans l'une, on extrait une partie de l'huile des olives ; dans l'autre, on reprend le résidu de la précédente opération, et on le traite comme un produit nouveau, dans des ateliers différents, pour en retirer encore une quantité d'huile notable. Ce serait une amélioration importante à introduire que celle qui consisterait à obtenir toute l'huile du premier coup, et on y arriverait certainement en employant des appareils aussi bien construits que ceux qui sont en usage dans le Nord. Quoi qu'il en soit, nous allons décrire l'extraction telle qu'elle s'exécute maintenant dans la plupart des huileries, et nous indiquerons ensuite les améliorations qu'on pourrait y apporter.

3739. Voici en peu de mots la suite des opérations :

1° Ecrasage des olives ;

2° Pressage de la pâte d'olive ;

3° Seconde pression après addition d'eau chaude.

4° Immersion des grignons dans l'eau froide ;

5° Séparation des pellicules et du parenchyme avec les noyaux, par la meule de la machine appelée *débouilloir;*

6° Lavage pour opérer la séparation ci-dessus ;

7° Chauffage des pellicules extraites ;

8° Pressage des pellicules.

*Ecrasage des olives.* Les olives à leur maturité sont portées à un moulin très grossier et qui consiste en une seule meule tournant dans une auge circulaire ; le plus souvent, le propriétaire est obligé d'attendre que son tour arrive, et de porter sa récolte à un moulin banal mal tenu, qui ne peut donner qu'une huile de qualité inférieure.

Dans ces moulins, la trituration est très mal faite, et

l'huile qu'on peut retirer de la pâte ne constitue qu'une partie de celle qui est contenue dans les olives.

Il est certain que si les possesseurs des moulins banaux employaient les meules qui sont en usage pour l'extraction de l'huile des graines, on éviterait une partie des opérations subséquentes et on obtiendrait même une huile de qualité supérieure. Dans le moulin, tel qu'onl'emploie, les ouvriers enlèvent la pâte quand la trituration est achevée, et la jettent dans les piles ou bassins en pierre placés près du moulin.

*Pressage de la pâte d'olive.* Les ouvriers reprennent la pâte dans les piles et la placent dans des *cabas ou scoufins*, espèces de paniers ou sacs plats, en sparterie, auxquels on substitue avantageusement des sacs de toile ordinaire ou des sacs de laine enveloppés de sacs de crins, comme dans la fabrication de l'huile de graines. Les cabas ou sacs sont placés, au nombre de dix-huit, les uns sur les autres, sur la plateforme d'un pressoir.

Les pressoirs que l'on employe ordinairement sont fort grossiers et ne peuvent donner qu'une pression très lente et généralement peu énergique. Ici encore, l'emploi des presses hydrauliques horizontales, ou même des presses à coins, remplirait mieux le but et rendrait l'extraction plus simple, plus rapide et plus fructueuse. L'huile qui s'écoule lentement des olives se rend, du reste, dans un premier réservoir rempli d'eau aux trois quarts.

Cette huile de première pression, lorsqu'elle provient de bonnes olives, récoltées avec soin, et quand le moulin et le pressoir sont bien propres, est une huile *vierge* fine, recherchée par les consommateurs pour la préparation des aliments. Si elle provient au contraire d'olives de mauvaise qualité, marcies ou pourries, traitées dans des ateliers mal tenus, elle est commune et ne peut le plus souvent servir qu'aux savonneries.

*Seconde pression après addition d'eau chaude.* Après

la première pression, la pâte contient encore une quantité notable d'huile qui n'a pu couler, soit parce qu'elle est mêlée à l'albumine végétale, soit surtout parce que les opérations précédentes ont été fort imparfaites. Pour retirer une partie de celle qui reste, on dépresse, on enlève les cabas, on les ouvre, et on verse dans chacun d'eux une mesure d'eau bouillante; après cet *échaudage*, on replace de suite les cabas sur le pressoir que l'on fait agir de nouveau. La pâte est gonflée par l'absorption de l'eau chaude; l'albumine se coagule et l'huile plus fluide s'écoule librement.

Ces procédés imparfaits laissent encore assez d'huile dans les tourteaux ou *grignons*, pour que l'exploitation de ces derniers soit profitable et ait donné lieu à une fabrication séparée dans les ateliers appelés *recenses*.

On éviterait certainement ce surcroît de dépense, en employant pour l'extraction de l'huile d'olives des appareils plus perfectionnés que ceux qui sont en usage.

Ainsi, on pourrait se servir, comme nous l'avons déjà dit, du moulin hollandais à deux meules verticales, des presses hydrauliques horizontales, et on devrait, entre la première et la seconde pression, faire intervenir un second broyage qui préparerait la pâte à laisser écouler la presque totalité de son huile.

Avec ces améliorations, il est probable qu'on obtiendrait, de prime abord, toute l'huile contenue dans les olives et qu'on éviterait les manipulations nombreuses que nous allons décrire.

Les grands établissements, connus sous le nom d'*ateliers* ou *moulins de recense*, ont pour but, comme nous l'avons dit, d'extraire la quantité d'huile notable que l'imperfection des procédés laisse dans les tourteaux ou *grignons* de marc d'olive. Nous allons passer en revue les cinq opérations qui forment ce nouveau travail.

*Immersion des grignons dans l'eau froide.* Dès l'instant que les grignons sortent des pressoirs, on doit les por-

ter à l'atelier de recense, les placer dans des réservoirs disposés à cet effet, et les humecter d'eau. Cette opération a pour but d'empêcher la fermentation qui ne tarderait pas à s'établir dans les grignons et qui enlèverait jusqu'aux dernières traces d'huile.

Afin que l'imbibition d'eau soit plus complète, l'entassement dans le réservoir se fait couche par couche.

*Séparation des noyaux.* Cette séparation se fait par deux machines contiguës, entretenues par le même moteur; l'une consiste en une meule verticale tournant dans un puits en maçonnerie ou en bois, dans lequel on fait arriver un courant d'eau froide. Les grignons portés sous cette meule sont soumis à une trituration nouvelle. Arrivés au point convenable, ils tombent par une trappe dans une seconde machine en tout semblable à la première, mais dont la meule est plus lourde et dont l'arbre vertical est muni de bras qui remuent la pâte. Ceux-ci mettent les parties légères en suspension dans l'eau, qui afflue continuellement dans le puits, tandis que le bois des noyaux se précipite au fond. Les eaux qui ont afflué dans les deux puits, pendant le broyage, se rendent, en entraînant les parties légères, dans les bassins; tandis qu'une vanne permet de réunir le bois des noyaux dans un réservoir séparé.

*Lavage.* Cette opération consiste à faire passer successivement l'eau qui a entraîné les parties légères dans une suite de bassins en maçonnerie, en béton ou en briques, qui communiquent entre eux par des siphons pratiqués dans l'épaisseur des murs. Cette disposition permet aux matières légères de venir surnager; on les recueille et on les met à part. Quel que soit le nombre des bassins, l'eau qui sort du dernier entraîne toujours un peu de parenchyme.

*Chauffage.* Les pellicules et la matière onctueuse qu'on a écumées à la surface des bassins précédents, sont placées dans des chaudières; ces matières, débarrassées d'eau par l'ébullition et pétries, sont placées dans les *scou-*

*fins* de sparterie, pour être soumises au pressoir, comme la pâte ordinaire d'olive.

*Pression.* Ce sont des presses à vis que l'on employe ordinairement dans les ateliers de recense. L'huile qu'on obtient par ce procédé ne peut servir qu'à la fabrication des savons.

Aussitôt que l'huile est extraite par la première pression des olives, si c'est une huile superfine, on la renferme dans des jarres en grès ou réservoirs bien propres, placés dans des appartements exposés au midi et où l'on cherche à maintenir une température de 14 à 15°, afin que les matières étrangères se déposent. Lorsque l'huile est bien transparente, ce qui arrive vers la fin de juin, on transvase la partie claire dans d'autres vases; les parties troubles sont réunies, on les laisse de nouveau reposer, et le dépôt qu'on finit par isoler est vendu sous le nom de *crasses*. La seconde huile, et surtout la troisième, qu'on sépare des crasses, est d'une qualité inférieure.

L'huile clarifiée doit être complètement abritée de l'action de l'air, si on veut qu'elle conserve longtemps ses bonnes qualités.

3740. Pour les grands approvisionnements, l'huile se conserve ordinairement dans des fosses bien cimentées, auxquelles on donne le nom de *piles*. Par le repos, l'huile s'éclaircit et laisse déposer des quantités considérables de crasses que l'on vend à bas prix, et dont on peut encore extraire une petite quantité d'huile.

L'huile d'olive pure et de bonne qualité, est colorée en jaune ou jaune verdâtre, très fluide, légèrement odorante et d'une saveur douce et agréable; elle commence à se congeler à quelques degrés au dessus de 0°. C'est une des huiles les moins altérables; mais, fabriquée avec peu de soin, elle rancit facilement, et acquiert alors une odeur désagréable et une saveur repoussante.

D'après M. Th. de Saussure, sa pesanteur spécifique est

de 0,9192 à 12°; de 0,9109 à 25°; de 0,8932 à 50°, et de 0,8625 à 94°.

M. Poutet a donné pour l'essai des huiles un procédé qui est devenu d'un usage habituel; il consiste à battre l'huile avec le douzième de son poids d'une dissolution de mercure, faite dans les proportions de 6 parties de mercure et de $7^1/_2$ d'acide nitrique à 38. On se sert du réactif aussitôt que le mercure est dissous. Si l'on attend, le sel cristallise et le réactif ne peut plus servir. C'est un inconvénient qui pourtant n'est pas assez grave pour faire renoncer au procédé.

En général, l'addition d'une vingtième d'huile d'œillette à l'huile d'olive fournit une masse moins solide que l'huile pure; mais, le plus souvent, la différence n'est pas assez tranchée pour qu'on puisse prononcer avec certitude si l'on a affaire à une huile mélangée, quand on ne fait pas comparativement l'essai avec l'huile pure qui fait partie du mélange. Le mélange à un dixième fournit constamment une masse dont la consistance ne peut induire en erreur; c'est là toute la sensibilité qu'on peut espérer de ce procédé, qui est assez satisfaisant en ce sens, qu'au dessous de cette proportion les fraudeurs n'ont plus d'intérêt à la falsification.

L'acide hypoazotique, mis en contact à froid avec l'huile d'olive, lui communique instantanément une couleur vert-bleuâtre et la solidifie peu à peu. M. Félix Boudet a recherché dans quelle proportion cet acide doit être employé pour déterminer la transformation la plus complète de l'huile d'olive. L'acide hyponitrique pur étant trop volatil, il l'a mélangé avec trois parties d'acide nitrique à 38°. Le tableau suivant indique le temps nécessaire pour solidifier ces divers mélanges.

| HUILE D'OLIVES | ACIDE HYPONITRIQUE | TEMPS NÉCESSAIRE à la solidification |
|---|---|---|
| 100 grains | $^1/_{33}$ | 70 minutes |
| idem | $^1/_{50}$ | 78 » |
| idem | $^1/_{75}$ | 84 » |
| idem | $^1/_{100}$ | 150 » |
| idem | $^1/_{200}$ | 435 min. ou 7 h. $^1/_4$ |
| idem | $^1/_{400}$ | Action nulle |

On voit qu'un demi-centième d'acide hyponitrique suffit pour solidifier l'huile d'olive. Le phénomène se produit, il est vrai, beaucoup plus lentement qu'avec une dose plus forte, mais la consistance devient à peu près la même.

L'acide nitrique pur solidifie aussi l'huile d'olive, au bout d'un temps plus ou moins long. L'action de l'acide sulfureux sur elle, n'a pas encore été examinée.

On a déjà vu que les huiles non siccatives sont les seules qui peuvent être solidifiées par l'acide hypoazotique. De toutes les huiles siccatives, celle de ricin peut seule être solidifiée; et de toutes les huiles solidifiables, l'huile d'olive est celle dans laquelle cette transformation s'opère le plus rapidement. C'est ce qui est prouvé par le tableau suivant: à la température de 17° on a pris 12 grains d'un mélange d'acide nitrique et d'acide hyponitrique, représentant 3 grains d'acide hyponitrique anhydre, et on les a mêlés avec 100 grains de chacune des huiles suivantes :

| NOM DES HUILES | COULEURS qu'elles prennent après leur mélange avec le réactif. | NOMBRE de minutes écoulées avant leur solidification( | RAPPORT des nombres de minutes, celui de l'huile d'olives étant pris pour 10. |
|---|---|---|---|
| Huile d'olives . . . . . | vert bleuâtre | 73 | 10,0 |
| — d'amandes douces | blanc sale | 160 | 22,2 |
| — d'amandes amères | vert foncé | 160 | 22,2 |
| — de noisettes . . . . | vert bleuâtre | 103 | 14,0 |
| — de noix d'acajou . | jaune soufre | 43 | 6,0 |
| — de ricin . . . . . | jaune doré | 603 | 82,6 |
| — de colza . . . . . | jaune brun | 2400 | 328,0 |

L'emploi de l'acide hypo-azotique n'offre pourtant pas autant de certitude que celui du réactif de M. Poutet.

On trouve dans le commerce plusieurs variétés d'huile d'olive qui diffèrent par le mode d'extraction.

1°. L'huile vierge, qui est verdâtre, d'une saveur et d'une odeur agréables. On la prépare surtout aux environs d'Aix en Provence.

2°. L'huile commune, qu'on obtient par une plus forte pression et à l'aide de l'eau bouillante. Elle est d'une couleur jaune et très propre aux usages de la table; mais elle est plus disposée à rancir que l'huile vierge. On l'emploie dans les ateliers de teinture du coton en rouge d'Andrinople, sous le nom d'huile tournante, pour faire les bains blancs.

3° L'huile de recense qui sert uniquement à la préparation des savons.

4° L'huile des olives trop fermentées, ou trop marcies. Cette huile est de mauvaise qualité, désagréable et difficile à épurer. Elle sert pour l'éclairage et la fabrication du savon.

3741. *Huile d'amandes.* Elle s'extrait des amandes douces et des amandes amères (amygdalus communis). Elle est très fluide, d'un blanc verdâtre, d'une saveur agréable et sans

odeur. Refroidie à — 10°, elle se congèle. Sa pesanteur spécifique est de 0,917 à 0,920 à la température de 15°.

Pour obtenir cette huile, on débarrasse par le frottement les amandes de la poussière qui les recouvre; on les pile, et on les presse fortement dans des sacs de coutil, entre deux plaques de fer chaudes. Pour la clarifier on la laisse reposer, ou bien on la filtre tiède à travers un papier gris.

L'huile que l'on obtient des amandes amères, lorsqu'elles sont sèches, est tout aussi insipide, tout aussi inodore que celle qu'on obtient des amandes douces. Dans quelques circonstances cependant, l'huile prend l'odeur et le goût des amandes amères; elle contient alors de l'huile essentielle d'amandes; mais celle-ci ne prend naissance que sous l'influence de l'humidité.

L'huile d'amandes est recherchée en médecine et en parfumerie. En médecine, elle fait partie des émulsions, des potions huileuses, du savon médicinal, du liniment volatil ou savon ammoniacal, etc.

### HUILE DE RICIN.

3742. Elle s'obtient des semences du *ricinus communis*. Exposée à l'air, elle devient rance, s'épaissit peu à peu et finit par se dessécher; c'est ce qui l'a fait placer parmi les huiles siccatives. Et cependant elle diffère complètement de toutes les autres huiles, siccatives ou non, par sa composition et ses propriétés.

Elle est visqueuse, tantôt blanche, tantôt verdâtre, quelquefois même rougeâtre. Son odeur est fade, sa saveur est douce, suivie d'une légère âcreté. Elle se congèle à — 18° en une masse jaune, transparente. Sa pesanteur spécifique est selon de Saussure de 0,9699 à 12°; de 0,9575 à 25°, et de 0,9801 à 9,4°.

Elle est soluble en toutes proportions dans l'alcool pur. L'alcool à 36° en dissout les trois cinquièmes de son poids. Ce moyen permet de distinguer l'huile de ricin altérée par

son mélange avec d'autres huiles. En la traitant par deux ou trois fois son poids d'alcool à 36°, elle s'y dissout entièrement, si elle est pure; sinon elle laisse un résidu d'huile insoluble. L'huile de ricin est quelquefois employée en imprimerie, comme étant siccative et si peu grasse, qu'elle ne permet pas les transports sur pierre.

Soumise à l'action de la chaleur, un tiers de l'huile étant distillé, il reste dans la cornue une substance solide à la température ordinaire, boursouflée, d'un blanc jaunâtre, pleine de cavités, semblable jusqu'à un certain point à la mie de pain mollet; elle ne se décompose qu'à une température élevée, s'enflamme à l'approche d'un corps en ignition, et brûle très facilement sans fondre. L'eau, l'alcool, l'éther, les huiles fixes et volatiles ne la dissolvent pas. Les alcalis forment avec elle une sorte de savon soluble. Outre cette matière solide, l'huile de ricin donne quelque peu de gaz, et un produit liquide renfermant de l'acide acétique, de l'acide ricinique, de l'acide élaïodique, et une huile volatile, incolore, qui est douée d'une forte odeur et qui cristallise pendant le refroidissement.

Traitée par les solutions de potasse ou de soude, l'huile de ricin se saponifie en très peu de temps. Dans ce savon, MM. Bussy et Lecanu ont trouvé les trois acides ricinique, élaïodique et margaritique. De là résultent des ricinate, élaïodate, et margaritate de glycérine.

Traitée par le nitrate acide de mercure, l'acide hyponitrique, l'acide nitrique, l'acide sulfureux, l'huile de ricin s'épaissit graduellement, jusqu'à ce qu'elle soit transformée en une masse jaune, translucide, qui constitue essentiellement la palmine. Il est à remarquer que de toutes les huiles siccatives, l'huile de ricin est la seule qui soit solidifiable par ces acides.

Les réactions précédentes, la formation de trois acides particuliers pendant la saponification, les résultats de la distillation, l'absence d'acide oléique et d'acide margarique

et par conséquent d'oléine et de margarine, la solubilité complète dans l'alcool, sont autant de caractères qui classent l'huile de ricin à part. On ignore si elle serait un mélange de plusieurs substances grasses, dont l'une, formerait dans la saponification l'acide ricinique, et une autre l'acide élaïodique.

M. Soubeiran en avait retiré, il y a quelques années (3089), une matière très âcre, qu'il avait considérée alors comme une sorte d'huile résineuse molle, analogue à la résine de l'huile d'épurge, mais qu'il regarde maintenant comme un produit complexe. En traitant une dissolution alcoolique d'huile de ricin par une dissolution alcoolique d'acétate de plomb, et abandonnant au repos, M. Soubeiran a obtenu un dépôt, qui, lavé à plusieurs reprises par l'alcool bouillant, et décomposé au milieu de l'alcool par un courant d'hydrogène sulfuré, a donné, par évaporation, un mélange d'une matière solide, facilement fusible, avec une autre matière beaucoup plus soluble dans l'alcool, ayant à un haut degré l'odeur et la saveur de l'huile de ricin. Il a retiré aussi d'un dépôt formé par l'huile de ricin, et à l'aide de dissolutions multipliées dans l'alcool, une matière blanche, solide, un peu poisseuse, qui n'entre en fusion qu'à une température supérieure à 100°.

On a proposé plusieurs procédés différents pour la préparation de l'huile de ricin :

1° L'expression des semences de ricin à froid. Quoique beaucoup plus longue, elle paraît préférable à celle qu'on exécute à chaud. Il faut priver les graines de leur enveloppe; on obtient alors une huile tout à fait blanche; sinon, elle présente une couleur légèrement citrine.

2° Le procédé américain, qui consiste à torréfier très légèrement les semences, à les piler et à les faire bouillir dans l'eau. L'huile vient à la surface; on la sépare; on la fait chauffer de nouveau dans une autre bassine pour lui

enlever son humidité, et on la soumet ensuite à la filtration.

3° Le procédé de M. Figuier, qui consiste à délayer les graines de ricin privées de leur épiderme dans de l'alcool qui dissout l'huile, et à soumettre le mélange à la presse dans des sacs de coutil. Le liquide alcoolique est distillé en partie; le résidu est lavé à plusieurs eaux, et l'on sépare l'huile qui vient à la surface. On la chauffe de nouveau légèrement pour lui enlever son humidité et on la soumet à la filtration.

Dans ces différents moyens d'extraction, l'ébullition volatilise un principe âcre, très dangereux, qui irrite, en se volatilisant, le nez et les yeux, et qui peut rester dans l'huile préparée par expression. Aussi, est-il convenable de faire bouillir celle-ci pendant quelque temps, pour en séparer ce principe. Il faut cependant éviter dans tous les cas un excès de chaleur, qui faciliterait la formation des acides gras, et qui communiquerait ainsi à l'huile l'âcreté dont il est important de la préserver.

L'huile de ricin est employée en médecine à la dose d'une à deux onces, comme excellent purgatif. On avait attribué ses qualités purgatives à la substance âcre que nous venons de citer précédemment; mais cette opinion est généralement abandonnée; cette substance est si volatile qu'elle s'échappe à la température nécessaire pour préparer l'huile dans les différents procédés. MM. Bussy et Lecanu regardent l'huile de ricin, comme un produit particulier formé de principes différents de l'oléine et de la stéarine, et qui ne doit ses propriétés purgatives à aucune substance étrangère.

Les huiles de ricin altérées, qui présentent alors une excessive âcreté, doivent être proscrites de la médecine. Elles sont en effet vénéneuses, prises même en petite quantité.

### *Acide œnanthylique.*

3743. Nous avons vu que lorsqu'on mêle l'huile de ricin avec une très faible quantité d'acide nitrique, il y a production de palmine. Mais, il n'en est plus de même, lorsqu'on la met en contact avec trois à quatre fois son poids d'acide nitrique et un égal volume d'eau ; on obtient alors des produits particuliers, qui ont été analysés par M. Tilley.

Le mélange étant introduit dans une cornue, que l'on chauffe légèrement. On observe, au bout de quelque temps, une action très violente ; les gaz se forment en si grande abondance, que toute la masse contenue dans la cornue s'en échappe par le col. On doit alors retirer celle-ci du feu, laisser l'action se continuer peu à peu, et ne réchauffer la cornue qu'à l'aide d'un bain de sable. Ce moyen d'oxydation est continué pendant plusieurs jours, plus ou moins, selon le degré de concentration de l'acide employé. Lorsque les vapeurs nitreuses diminuent, on retire la cornue du feu.

On trouve dans le récipient de l'acide nitrique, de l'eau et une huile volatile acide. En ajoutant de l'eau à la masse grasse qui reste dans la cornue, et distillant de nouveau, on en obtient une nouvelle quantité. On la sépare alors de l'acide nitrique qu'elle surnage, on la mêle avec de l'eau et on la redistille. Enfin on la dessèche au moyen de l'acide phosphorique fondu. Le chlorure de calcium se dissoudrait dans cette huile.

L'acide œnanthylique ainsi obtenu est tout à fait incolore et transparent ; il possède une odeur aromatique agréable et une saveur sucrée et piquante. Il est peu soluble dans l'eau et communique à ce liquide son odeur particulière. Il est soluble dans l'acide nitrique, l'alcool et l'éther. Il commence à bouillir à la température de 148°, et une petite quantité passe à la distillation ; mais, s'il est maintenu pendant quelque temps à cette température, il noircit, se décompose et donne des produits empyreumati-

ques ; d'où l'on voit qu'il ne peut être distillé seul. Il brûle avec une flamme claire et un peu fuligineuse, et ne se solidifie pas à un froid de — 17°. Il contient

$$C^{28} H^{28} O^{4}$$

*Éther œnanthylique.* Cet éther s'obtient en dissolvant l'acide dans l'alcool absolu, et en faisant passer un courant de gaz chlorhydrique à travers la solution. On sature l'excès d'acide par du carbonate de potasse, et on le distille ensuite. L'éther passe alors dans le récipient, et l'on peut le débarrasser de l'alcool qu'il contient en l'agitant avec de l'eau. On le distille de nouveau sur du chlorure de calcium, dans un courant de gaz carbonique.

C'est un liquide incolore, plus léger que l'eau, d'une odeur agréable différant peu de celle de la nitrobenzide. Il a une saveur douçâtre et un peu piquante, qui laisse une sensation désagréable. Il est soluble dans l'alcool et l'éther. Il brûle avec une flamme bleu clair exempte de fumée. Il se solidifie à — 18°. Il possède la composition :

$$C^{36} H^{36} O^{4} = C^{28} H^{26} O^{3}, C^{8} H^{10} O.$$

Comme l'acide œnanthique présente la composition suivante

$$C^{28} H^{26} O^{2} + O$$

M. Tilley, qui a découvert l'acide œnanthylique suppose que ce sont les oxydes du même radical $C^{28} H^{26}$; les deux acides seraient respectivement en désignant ce radical par R,

$$R + 2O$$
$$R + 3O$$

Il a donné au dernier acide le nom d'acide œnanthylique, et il propose pour l'acide œnanthique le nom d'acide œnanthyleux.

*Œnanthylates.* L'œnanthylate de potasse s'obtient en neutralisant le carbonate de cette base par de l'acide œnanthylique ; il ne cristallise pas. Par l'évaporation, il prend la forme d'une gelée épaisse et transparente.

Celui de cuivre cristallise en belles aiguilles d'une couleur verte fort riche. Il est soluble dans l'alcool et peu soluble dans l'eau.

L'œnanthylate d'argent se prépare en traitant une solution neutre de cet acide dans l'ammoniaque par le nitrate d'argent; il se précipite sous la forme de flocons blancs et pulvérulents. Il contient

$$C^{28} H^{26} O^{3}, Ag O.$$

Si l'on soumet ce sel à la distillation, il passe dans le récipient une huile et un corps solide. Ce dernier est soluble dans l'alcool chaud et cristallise en belles aiguilles par le refroidissement. Ces deux corps ne possèdent ni l'un ni l'autre des propriétés acides.

L'œnanthylate de baryte s'obtient en faisant bouillir du carbonate de baryte avec une solution alcoolique d'acide œnanthylique, jusqu'à ce que la liqueur ne possède plus de réaction acide. Par le refroidissement, il se dépose sous forme d'écailles nacrées très brillantes, insolubles dans l'éther, mais solubles dans l'alcool et l'eau. Sur 100 parties il contient

| | |
|---|---|
| Baryte ..... | 38,23 |
| Acide œnanthylique. | 61,77 |
| | 100,00 |

La formule serait $C^{28} H^{26} O^{3}$, Ba O.

L'acide subérique est aussi un autre produit de l'oxydation de l'huile de ricin; il reste dans la cornue mêlé avec de l'acide oxalique. Il peut être purifié par des cristallisations réitérées et en le faisant bouillir avec de l'acide nitrique.

On peut aussi obtenir une petite quantité d'acide lipique par l'évaporation des eaux-mères de l'acide subérique.

### *Huile de croton.*

3744. Elle s'extrait de la semence du croton tiglium. Elle présente une couleur brune, une consistance semblable à celle de l'huile de noix, une odeur très désagréable, et une saveur d'une excessive âcreté. Elle est soluble dans l'alcool et l'éther.

Pour extraire cette huile, on soumet à la presse les semences pulvérisées. On laisse déposer pendant douze à quinze jours l'huile qui s'en écoule, et on la filtre. Le marc est traité par deux fois son poids d'alcool rectifié, en le chauffant au bain marie. L'alcool dissout la quantité assez notable d'huile restée dans le marc ; on l'en sépare par l'évaporation. Quelquefois, on traite immédiatement par l'alcool la poudre obtenue des semences séparées de leurs robes. On chauffe le mélange au bain marie, on laisse refroidir, on l'enveloppe d'un tissu et on le soumet à la presse. On distille ensuite l'huile qui s'en écoule pour en retirer l'alcool.

L'huile de croton est employée en médecine. A la dose de une à deux gouttes, c'est un des purgatifs les plus violents. Elle paraît consister en un mélange d'une huile grasse, fade, à peine soluble dans l'alcool froid, que rien ne semble distinguer des huiles fixes, avec une autre substance très âcre, très soluble dans l'alcool froid, contenant une quantité notable d'acide crotonique, et de plus une matière neutre, capable de donner naissance à cet acide par la saponification.

L'acide crotonique se volatilise à quelques degrés au dessus de zéro ; il est très âcre, et son contact détermine sur la peau de plus ou moins graves inflammations. Aussi, dans la préparation ou même l'emploi de l'huile de croton, faut-il se mettre à l'abri de ses émanations. Les semences elles-mêmes du croton tiglium, qui sont d'une excessive âcreté, ne doivent être maniées qu'avec beaucoup de réserve.

3745. *Acide crotonique.* — L'étude des propriétés de cet acide a déjà été exposée dans le cinquième volume. Nous ajouterons ici quelques notions sur la préexistence de cet acide dans l'huile de croton.

Cet acide paraît être à l'huile de croton, ce que l'acide butyrique est au beurre. En mêlant l'huile avec de la magnésie et de l'eau, évaporant le mélange jusqu'à siccité, extrayant l'huile par l'éther, et distillant le résidu avec de l'acide phosphorique, on n'obtient qu'une très petite quantité d'acide crotonique, absolument comme quand on traite le beurre rance pour en extraire l'acide butyrique; la plus grande partie de l'acide reste dans l'huile. Mais, si en saponifiant tout d'abord l'huile par la potasse, on en sépare ensuite l'acide crotonique par le procédé indiqué (3069), la quantité d'acide ainsi obtenue est notablement plus considérable que celle qui provient du premier traitement. En admettant que l'acide crotonique obtenu par la magnésie préexistait tout formé dans l'huile de croton, comme l'acide butyrique extrait du beurre par le même traitement, on est porté à croire, d'après le second résultat obtenu par la potasse, qu'il existe dans l'huile une matière neutre, capable de produire sous l'influence des alcalis une nouvelle quantité d'acide. Autrement, il faut que les alcalis par la saponification favorisent la mise en liberté de l'acide que l'huile contient, et que la magnésie ne pouvait séparer complètement.

D'après M. Brandes, il existerait dans la graine une espèce d'huile éthérée d'une excessive âcreté, qui pourrait se changer en acide crotonique par l'action de l'eau.

Cette opinion serait fondée, d'après ce chimiste, sur les résultats suivants : si l'on distille des semences de croton avec de l'eau, la liqueur que l'on obtient par la condensation est plus acide le lendemain que le jour même de l'opération. En outre, si l'on reçoit les vapeurs dans une dissolution de potasse, une partie notable de ces vapeurs traverse la disso-

lution sans en être absorbée, et se répand dans le laboratoire; ce qui n'arriverait pas si elles étaient acides.

3746. *Huile de la belladone.* Elle s'extrait par expression, en Souabe et dans le Wurtemberg, de la graine de l'atropa belladona. Elle est limpide, d'un jaune doré, d'une saveur fade et sans odeur. Sa pesanteur spécifique est de 0,9250 à 15°. Elle se congèle à — 27°,5. Dans la préparation de cette huile, comme dans le cas de l'huile de croton, il faut se mettre à l'abri des émanations; elles causent des vertiges aux ouvriers. Le principe narcotique de la plante est au reste retenu par les tourteaux ou marcs, qu'on ne peut par conséquent donner aux bestiaux. Dans le Wurtemberg, cette huile est employée dans l'éclairage et la cuisine. En médecine, on l'applique en frictions.

*Huile de tabac.* Elle s'extrait de la graine du nicotiana tabacum. Elle est limpide, d'un jaune verdâtre, inodore et fade, encore fluide à — 15°, et ne conserve rien de l'âcreté du tabac. Sa pesanteur spécifique est de 0,9232 à la température de 15°.

*Huile d'hélianthe.* Elle s'extrait des semences de l'helianthus annuus. Elle est limpide, d'un jaune clair, d'une odeur agréable et d'une saveur fade. Elle se congèle à 16°. Sa pesanteur spécifique est de 0,9262 à la température de 15°. On peut l'employer comme aliment, ainsi qu'à l'éclairage.

*Huile de sapin.* Elle s'extrait en grand dans la Forêt Noire, des semences épluchées du pinus abies. Elle est limpide, d'un jaune doré, d'une odeur de térébenthine et d'une saveur résineuse. A l'air, elle se dessèche rapidement. Elle se solidifie à — 27°, 5. Sa pesanteur spécifique est de 0,9285 à la température de 15°. Elle est employée dans la préparation des vernis et des couleurs.

*Huile de pin.* Elle s'extrait des semences du pinus syl-

vestris. Elle est d'un jaune brunâtre, d'une odeur et d'une saveur analogues à celle de l'huile précédente, et se dessèche aussi rapidement qu'elle. Elle se solidifie à — 30°. Sa pesanteur spécifique est de 0,9312 à la température de 15°.

*Huile de raisin.* Elle s'extrait des semences du raisin (vitis vinifera). Elle présente une couleur jaune, mais se rembrunit avec le temps. Sa saveur est fade, son odeur nulle. Elle se solidifie à — 16°. Sa pesanteur spécifique est de 0,9202 à la température de 15°. Elle est peu propre à l'éclairage, mais dans quelques localités on l'emploie comme aliment.

## HUILES SOLIDES.

3747. *Huile de palme.* Les anciens naturalistes ont ignoré l'existence de cette huile, quoique sans doute de leur temps elle fût en usage dans le pays où croît l'espèce de palmier qui la fournit.

Quelques personnes prétendent que Dioscorides, que Pline surtout qui, entre autres palmiers, fait mention de ceux des côtes de Guinée, avaient au moins une idée confuse de l'huile de palme. Mais rien dans leurs ouvrages ne justifie cette opinion.

L'apparition de cette huile en Europe ne remonte pas au delà des derniers siècles; et peut-être Pomet et Lemery sont-ils les premiers en France qui l'aient annoncée. Tous deux disent, et beaucoup d'autres, Baumé, Morelot, etc., ont répété que cette huile est obtenue par décoction, ou tirée par expression de l'amande du fruit d'une espèce de palmier nommée *elaïs guianensis*, qui croît en Guinée et au Sénégal. D'autres palmiers, et entre autres le *cocos nucifera*, le *cocos butyracea* et l'*areca oleracea*, fournissent aussi des huiles solides, à peines différentes de l'huile de palme.

Cette huile butyracée a une odeur agréable d'iris, une

saveur douce, une couleur orangée. Elle rancit, et prend en vieillissant une couleur blanchâtre, ce qui la distingue de l'huile factice, qui est un mélange de cire jaune, d'huile ou de graisse de porc aromatisée par l'iris et colorée par le curcuma. Cette huile est plus légère que l'eau. Elle fond à 29° c., et reprend l'état solide quand on la fait redescendre à la température ordinaire.

Pomet assure que sa couleur jaune reparaît, quand on la fait fondre à petit feu. Cette huile est un peu soluble à froid dans l'alcool à 36°, l'eau la précipite en flocons blancs; mais en la liquéfiant la couleur jaune reparaît. Elle est plus soluble dans l'alcool bouillant, mais elle s'en précipite par refroidissement.

L'éther sulfurique la dissout à froid en toute proportion, la rend fluide et forme un liquide jaune orangé; à l'air, l'éther se volatilise et l'huile se concrète.

L'éther acétique la dissout aussi, mais plus lentement. Les alcalis ne lui font éprouver aucun changement. En ajoutant de l'eau, l'huile reste combinée à l'éther acétique.

Si on y mêle de la graisse, sa solution dans l'éther acétique n'est pas complète. On peut ainsi reconnaître la présence d'un corps gras. L'eau, quelle que soit sa température, n'a pas d'action sur l'huile de palme, et ne se colore même pas par l'addition d'un peu de potasse caustique. Distillée avec cette huile, l'eau devient légèrement laiteuse et acquiert une saveur et une odeur très faibles.

Les alcalis se combinent avec l'huile de palme, et il en résulte des savons plus ou moins solides.

Deux parties d'huile et une de potasse caustique dissoute dans un peu d'eau, ont été mêlées, puis chauffées doucement. Le savon obtenu était lisse, jaune, demi-transparent.

Combinée dans les mêmes proportions avec la soude caustique à 36°, le savon a pris une consistance solide;

sa couleur était un peu moins jaune. Il était plus opaque et très lisse.

L'ammoniaque se comporte avec elle comme avec les huiles fixes.

Les acides sulfurique et nitrique agissent sur l'huile de palme comme sur les graisses et les huiles.

Cette huile bouillante dissout beaucoup de soufre, mais il s'en précipite par refroidissement. Distillée à feu nu, elle se décompose comme la graisse et le beurre.

100 grammes d'huile avec 50 grammes de protoxyde de plomb et un peu d'eau forment un emplâtre qui ne diffère du diapalme que par la couleur.

3748. L'huile de palme est l'objet d'un commerce important sur les côtes de l'Afrique. En 1836, l'Angleterre seule en reçut 17,500,000 kil., qui furent principalement employés à la préparation des savons. Lorsqu'on emploie cette huile à l'état brut, c'est à dire avec sa couleur jaune foncée, on obtient des savons d'une couleur semblable et d'une odeur spéciale, qui diffèrent complètement des produits reçus dans le commerce en France. C'est à ces caractères particuliers que l'on doit attribuer le peu d'extension qu'a pris chez nous l'emploi de l'huile de palme. En effet, la consommation, en 1836, était deux cents fois moins grande en France qu'en Angleterre, et en 1839, elle ne s'est pas élevée à 200,000 kilog.

Un nouveau procédé employé avec succès en Angleterre, et que M. Payen a répété, donne des résultats si avantageux, qu'il paraît devoir ouvrir un nouveau champ à l'industrie.

Ce procédé consiste à blanchir l'huile de palme par une exposition à l'air et à l'humidité à une température soutenue de 100°.

Voici comment on opère en Angleterre : On dispose sur un terrain uni et à l'abri des intempéries de l'air, de grands

bassins en bois de sapin résineux, semblables aux bacs que les brasseurs emploient pour refroidir le moût de bière. Ces bacs, montés sur des chantiers, ont une étendue quelconque et qui ne doit être limitée que par la facilité de l'exécution et la quantité d'huile à blanchir; la profondeur seule doit être uniforme et ne jamais dépasser 30 à 35 centimètres. Ces bacs sont chauffés dans toute leur étendue par des serpentins en plomb placés à quelques millimètres du fond, et qui reçoivent la vapeur d'un générateur ordinaire; le retour d'eau se fait comme d'habitude. Nous n'insisterons donc pas sur ce mode de chauffage qui ne présente aucune difficulté. Ces bacs sont remplis d'eau jusqu'à une hauteur d'à peu près 20 centimètres; dans cette eau échauffée par le serpentin, se trouve l'huile de palme, qui ne tarde pas à se fondre et à former une couche uniforme au dessus de l'eau : cette couche huileuse ne doit pas avoir plus de 5 centimètres d'épaisseur. L'appareil étant disposé de cette manière, on maintient la température à 100°, et celle-ci favorisant les réactions de l'air et de la lumière, la décoloration marche rapidement et se termine en dix ou quinze heures.

Il est probable que dans le midi de la France surtout, la décoloration serait bien plus prompte, et exigerait par conséquent moins de dépense.

Du reste, pour économiser le combustible, on pourrait prendre toutes les précautions d'usage, ou envelopper les bacs de corps mauvais conducteurs, et même les couvrir de châssis vitrés qui diminueraient la déperdition de chaleur.

M. Payen a remarqué que la décoloration était sensiblement aussi rapide dans des vases recouverts d'une vitre qui d'ailleurs ne s'opposait pas au contact de l'air libre que dans des vases entièrement ouverts.

L'huile la mieux décolorée conserve une légère teinte fauve, qui devient d'un blanc sale par le refroidissement

et la prise en masse de la matière. Elle pourrait à cet état servir à la confection d'un excellent savon blanc d'une grande dureté. A Londres, elle est appliquée, comme nous allons le dire, à la préparation des bougies.

On divise la substance décolorée en masses de 2 à 3 kil., que l'on enveloppe dans une étoffe de laine, et que l'on soumet à la pression d'une presse hydraulique. Cette première pression doit se produire à une température de 12 à 15° c. Les tourteaux que l'on retire sont chauffés à 30° dans une étuve, puis ils reçoivent une seconde pression.

La matière solide qui reste sert à préparer les bougies; on la fait fondre au bain-marie; on laisse déposer les corps en suspension, on la décante, on y ajoute 6 pour 0/0 de cire, puis on la verse dans des moules garnis de mêches tressées.

Cette fabrication de bougies est, comme on le voit, tout à fait analogue à celle des bougies stéariques; aussi, pour plus de détails, renvoyons-nous à cette dernière.

L'huile extraite par la pression sert également à la confection de savons blancs marbrés, analogues au savon de deuxième qualité de Marseille.

Nous terminerons en donnant quelques nombres obtenus par M. Payen dans les recherches auxquelles il s'est livré.

Le point de fusion de l'huile brute variait entre 27 et 29°; sur 100 parties en poids, M. Payen en a obtenu 30 parties de substance blanchâtre solide, un peu moins ductile que la cire, et fondant à + 49°. L'huile écoulée à 15° était fluide, légèrement jaunâtre, facile à saponifier, et donnant un savon assez blanc et d'une odeur légèrement aromatique.

3749. Lorsqu'on saponifie avec de la potasse la partie solide de l'huile de palme, elle se sépare en glycérine et en un acide gras, que M. Frémy a désigné sous le nom d'acide

palmitique, et que je considère comme identique avec l'acide éthalique.

Cet acide, à l'état de pureté, est solide, incolore, fusible à 55°. Il se dissout dans l'alcool et se sépare de ce véhicule en belles lames ; lorsqu'il a été chauffé à 250°, il cristallise dans l'alcool en petits cristaux très durs. L'acide, ainsi modifié, présente la même composition.

L'acide anhydre, tel qu'il existe dans le sel d'argent, a pour formule

$$C^{64} H^{62} O^{3}$$

L'acide cristallisé a pour formule :

$$C^{64} H^{62} O^{3} + H^{2} O$$

Le palmitate d'ammoniaque est insoluble dans l'eau froide ; il a pour composition :

$$2\, C^{64} H^{62} O^{3} + Az^{2} H^{8} O + H^{2} O$$

Lorsqu'on fait passer un courant de gaz chlorhydrique sec dans une dissolution alcoolique saturée d'acide palmitique, il se sépare une matière huileuse qui se concrète par le refroidissement. A l'état de pureté, ce composé cristallise très bien, et fond à une température très basse. Il a pour formule :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{72}$..... | 2700,0 | 76,8 |
| $H^{72}$..... | 450,0 | 12,4 |
| $O^{4}$..... | 400,0 | 10,8 |
| | 3550,0 | 100,0 |

qui se décompose en

$$C^{64} H^{62} O^{3}, C^{8} H^{10} O$$

Lorsqu'on fait agir le chlore sur cet acide, sous l'influence de la chaleur et de la lumière, on obtient une série d'acides chlorurés qui paraissent avoir tous la même capacité de saturation que l'acide palmitique. Le chlore, en entrant dans ces diverses combinaisons, déplace une quantité équivalente d'hydrogène. Le composé le plus stable est celui que l'on obtient en faisant passer un courant de chlore dans l'acide gras fondu; il est representé par la formule :

$$\begin{matrix} C^{64} H^{54} O^{3} + H^{2} O \\ Cl^{8} \end{matrix}$$

3750. *Huile ou beurre de noix muscade.* Cette huile ressemble à du suif, et s'extrait par expression des noix du myristica moschata. On la prépare ordinairement en Hollande, d'où on la verse dans le commerce, sous forme de pains carrés, longs, d'un jaune marbré, doués d'une forte odeur de muscade.

Elle consiste en un mélange d'une graisse incolore, semblable au suif, d'une huile grasse butyreuse, jaune, et d'une huile volatile, odoriférante. Lorsqu'on la traite par l'alcool ou l'éther froid, ces deux dernières huiles s'y dissolvent, tandis que la première demeure insoluble.

La graisse insoluble constitue la myristine. Obtenue par le procédé précédent, elle est encore impure et conserve à un haut degré l'odeur de muscade. A l'aide de dissolutions dans l'éther et d'expressions dans des doubles de papier Joseph, on obtient enfin une substance, dont le point de fusion demeure constant et se trouve placé à 51°.

Ainsi préparée, cette substance, d'après M. Playfair, est une combinaison d'acide myristique et de glycérine.

*Acide myristique.* Lorsqu'on fait bouillir une dissolution concentrée de potasse avec de la myristine, celle-ci se saponifie sans former une masse épaisse et visqueuse. Si on dissout ce savon dans l'eau, qu'on ajoute un excès d'acide chlorhydrique à la dissolution bouillante, l'acide myristique se sépare à l'état d'une huile incolore, qui se concrète par le refroidissement en prenant une texture cristalline.

Ainsi préparé, l'acide myristique est d'un blanc de neige, cristallin, fort soluble dans l'alcool bouillant, et s'en précipitant en partie par le refroidissement. Il est peu soluble dans l'éther froid, très soluble au contraire dans l'éther bouillant. Il est entièrement insoluble dans l'eau. Il fond à 49°.

A l'état anhydre, tel qu'on le rencontre dans les sels, cet acide possède la composition suivante : $C^{56} H^{54} O^{3}$, et

l'analyse de l'acide hydraté, préparé par la méthode précédente, a donné la formule : $C^{56} H^{56} O^{4}$

L'acide nitrique ordinaire décompose l'acide myristique avec dégagement de vapeurs rutilantes. Les produits sont solubles; du moins la partie grasse, possède-t-elle la composition et les propriétés de l'acide myristique.

Soumis à la distillation, une partie de l'acide est décomposée, l'autre distille sans être altérée ; on ne rencontre pas d'acide sébacique dans les produits de la distillation.

*Myristine.* C'est la substance qui constitue la partie solide du beurre de muscades. Elle est cristalline, possède un éclat soyeux, et se dissout en toutes proportions dans l'éther bouillant. Elle est moins soluble dans l'alcool bouillant, entièrement insoluble dans l'eau. Elle fond à 31°.

Soumise à l'analyse, la myristine a donné des résultats qui s'accordent avec la formule peu probable qui suit :

$$C^{236} H^{226} O^{15}$$

La myristine contiendrait d'après cela :

| | |
|---|---|
| 4 at. d'acide myristique..... | $C^{224} H^{216} O^{12}$ |
| 2 at. de glycérine..... | $C^{12} H^{8} O^{2}$ |
| 1 at. d'eau..... | $H^{2} O$ |
| 1. at. de myristine..... | $C^{236} H^{226} O^{15}$ |

Par la distillation sèche, la myristine donne de l'acroléine et un acide gras.

*Ether myristique.*—Il s'obtient en faisant passer un courant d'acide chlorhydrique dans une dissolution alcoolique d'acide myristique. Il surnage alors à la surface à l'état d'une huile incolore. On le lave par une dissolution étendue de carbonate de soude, et, pour l'avoir anhydre, on l'abandonne sur du chlorure de calcium.

Ainsi préparé, l'éther myristique forme un liquide huileux, transparent, incolore ou légèrement jaunâtre, d'une densité de 0,864. Il est soluble à chaud dans l'alcool et l'éther, et se décompose entièrement, quand on le fait bouillir avec une dissolution alcoolique de potasse.

L'analyse de cet éther s'accorde avec la formule peu probable qui suit :

$$C^{120} H^{120} O^{8} = 2C^{56} H^{54} O^{3}, C^{8} H^{10} O + H^{2} O$$

*Myristates.* — Le myristate de potasse s'obtient en chauffant de l'acide myristique avec une dissolution concentrée de carbonate de potasse. On évapore la dissolution à siccité, et l'on extrait le myristate alcalin à l'aide de l'alcool absolu. Il est blanc, cristallin, très soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther.

L'analyse de ce sel conduit à la formule : $C^{56} H^{54} O^{3}, KO$.

Celui de baryte, obtenu par double décomposition au moyen du myristate de potasse, présente aussi une composition analogue : $C^{56} H^{54} O^{3}, Ba O$.

Le myristate d'argent s'obtient par double décomposition au moyen du myristate de potasse et du nitrate d'argent. La formule qui s'accorde le mieux avec les résultats de l'analyse est la suivante : $C^{112} H^{110} O^{7}, 2 Ag O$

En admettant que ce sel contienne de l'eau, ce qui est bien douteux, la formule du sel d'argent serait :

$$2 (C^{56} H^{54} O^{3}, Ag O) + H^{2} O.$$

Le sel de plomb, préparé au moyen de l'acétate de plomb basique, présente la composition suivante :

$$C^{232} H^{222} O^{15}, 7 Pb O.$$

D'où l'on déduit, d'après M. Playfair, la formule rationnelle suivante bien invraisemblable du reste ;

| | |
|---|---|
| 4 at. de myristate de plomb neutre. | $C^{224} H^{216} O^{12}, 4 Pb O.$ |
| 1 at. d'acétate de plomb tribasique.. | $C^{8} H^{6} O^{3}, 3 Pb O.$ |
| 4 at. de la combinaison..... | $C^{232} H^{222} O^{15}, 7 Pb O.$ |

Le sel de plomb, obtenu par l'acétate neutre de plomb a été aussi soumis à l'analyse, mais n'a pas donné de résultats constants.

Nous avons vu qu'en traitant le beurre de noix muscade

par l'alcool, la myristine demeurait insoluble, tandis que l'huile jaune et l'huile volatile s'y dissolvaient. Lorsqu'on distille l'huile jaune avec de l'eau, on sépare l'huile volatile qui se dégage; mais si l'on distille la graisse sans eau, la même huile passe au commencement de l'opération; bientôt après, elle est accompagnée par un corps blanc cristallin, qui, d'après M. Playfair, présente tous les caractères de la paraffine. Il reste dans la cornue une masse noire que les alcalis saponifient aisément à chaud. Ce savon noir se dissout dans l'eau et l'alcool, et communique à celui-ci une teinte noire. Si l'on décompose ce savon par l'acide chlorhydrique, il s'en sépare une substance noire et huileuse, qui, par le refroidissement, se prend en une masse analogue à l'ulmine. C'est un mélange de deux graisses, l'une blanche et l'autre noire. En dissolvant le mélange dans l'alcool faible, et l'abandonnant à l'évaporation spontanée, la graisse noire se dépose la première. Elle est peu soluble dans l'alcool, et se dissout au contraire très bien dans l'éther, d'où elle se dépose par le refroidissement.

Le beurre de muscades n'est employé qu'en médecine; il est quelquefois employé seul en frictions excitantes; on l'associe plus souvent à d'autres médicaments. On l'a déjà imité par fraude en faisant digérer de la graisse animale fondue avec des noix muscades en poudre, colorant la graisse avec un peu de rocou et l'exprimant; mais cette fraude est facile à découvrir, car un pareil mélange ne se dissout pas dans quatre fois son poids d'alcool bouillant, tandis que par l'ébullition avec quatre fois son poids d'alcool ou d'éther, le beurre de noix muscade se dissout complètement; pendant le refroidissement la myristine se dépose.

Sous le brou des noix muscades, on trouve l'arille ou macis, qui renferme une huile essentielle et deux huiles grasses. En le distillant avec de l'eau, on peut en extraire l'huile essentielle, dont les propriétés se-

ront décrites plus tard. En traitant ensuite ce tissu par l'alcool, l'une des huiles grasses s'y dissout, et s'en sépare par l'évaporation. Elle est rouge, d'une odeur de muscade, soluble en toutes proportions dans l'éther et l'alcool; l'autre huile, insoluble dans l'alcool, peut être extraite par l'éther ou bien exprimée; elle est jaune, soluble dans l'éther seulement; l'alcool, même bouillant, ne la dissout pas; elle conserve, comme la première, l'odeur de muscade.

D'après Bollaert, si on saponifie ces deux huiles avec de la potasse caustique, il s'en sépare une huile non saponifiable, qui vient nager à la surface du savon et qui parait être un produit de la saponification. Après le refroidissement, elle est incolore, cristalline, facile à fondre, sans saveur et sans odeur, soluble dans l'éther et l'alcool bouillant. A une température de 316°, elle distille sans s'altérer beaucoup; l'acide nitrique la colore en jaune avec dégagement de gaz nitreux, et la dispose à se saponifier facilement.

### *Beurre de coco.*

3751. Le beurre de coco s'extrait de la noix du coco (*cocos nucifera*). Le produit brut fond à 20°; c'est un mélange deux matières grasses, dont l'une est liquide à la température ordinaire. L'autre est solide et facilement fusible. Nous ne nous occuperons que de cette dernière.

Cette graisse, que nous désignerons sous le nom de *cocinine*, peut être considérée, d'après M. Bromeis, comme une combinaison de glycérine avec un acide particulier.

Pour préparer cet acide, on saponifie le beurre de coco, et on sépare l'acide gras du savon obtenu. Cet acide brut est d'abord soumis à l'action de la presse, ce qui le débarrasse d'une petite quantité d'acide oléique présentant l'odeur caractéristique du beurre de coco. On lui fait subir ensuite deux cristallisations dans l'alcool. Enfin, en le saponifiant de nouveau et le soumettant à une dernière cristallisation, on obtient cet acide doué d'une blancheur éclatante et

entièrement dépourvu d'odeur. Tel qu'il est séparé du savon, il n'offre aucune apparence cristalline; il est dur, cassant et un peu diaphane sur les bords. Mais, cristallisé cinq ou six fois dans l'alcool et épuisé par l'eau bouillante, afin d'enlever les dernières traces de ce produit, il fond à 35°, ce qui jette du doute sur sa formule. Il contient : $C^{52} H^{52} O^{4}$.

L'acide anhydre, d'après l'analyse du sel d'argent, renferme : $C^{52} H^{50} O^{3}$.

Cet acide ne se décompose pas par la distillation; il ne se développe aucun gaz, et l'on n'observe ni la formation d'acide sébacique, ni aucune variation dans le point de fusion de l'acide employé.

Traité par le carbonate de soude, il se saponifie. En décomposant une dissolution alcoolique de cocinate de soude, par une dissolution de nitrate d'argent, on obtient un précipité qui constitue le sel d'argent. Soumis à l'analyse, il donne des résultats qui conduisent à la formule :

$$C^{52} H^{50} O^{3}, Ag O.$$

*Ether cocinique*. Ce composé s'obtient en faisant passer jusqu'à saturation un courant de gaz chlorhydrique dans une dissolution alcoolique d'acide cocinique; l'éther produit surnage le liquide. Pour l'avoir pur, on l'agite d'abord avec de l'eau, puis avec une solution étendue de carbonate de soude, et enfin on le distille ou bien on l'abandonne sur du chlorure de calcium. Ainsi obtenu, l'éther cocinique est parfaitement limpide et présente, comme les autres éthers des acides gras, l'odeur des pommes de reinette.

Soumis à l'analyse, ce composé donne des nombres qui conduisent à la formule : $C^{62} H^{62} O^{4}$, qui peut se décomposer en $C^{54} H^{52} O^{3}$, $C^{8} H^{10} O$.

### *Laurine.*

3752. L'huile de laurier s'extrait par expression des baies fraîches du laurier, fruits du *laurus nobilis*. Cette huile est verte, d'une consistance butyreuse et légèrement grenue.

Elle contient en mélange une huile volatile qui lui donne une odeur particulière, désagréable. Elle entre en fusion à la chaleur de la main. Cette huile n'est employée qu'en médecine.

M. Bonastre, dans une analyse des baies de laurier, a retiré de celles-ci une matière grasse fluide et une substance solide qu'il considérait comme de la stéarine. La partie solide de l'huile de laurier constitue un corps gras particulier que nous désignerons sous le nom de laurine. On l'obtient en traitant les baies de laurier réduites en poudre par de l'alcool bouillant jusqu'à épuisement. On filtre la liqueur aussi chaude que possible, on lave avec de l'alcool froid la substance qui se dépose par le refroidissement, et on la purifie d'abord par la fusion au bain-marie et la filtration à chaud pour la séparer d'un corps résineux non cristallisable qui se dépose en même temps qu'elle. On la fait ensuite cristalliser à plusieurs reprises dans l'alcool.

A l'état de pureté, c'est un corps blanc brillant, léger, composé d'aiguilles très petites d'un éclat soyeux, ordinairement groupées en étoiles. Cette substance est à peine soluble dans l'alcool froid, assez soluble dans l'alcool concentré et bouillant, d'où elle se dépose presque entièrement en cristaux par le refroidissement. Elle se dissout en grande quantité dans l'éther, et sa dissolution l'abandonne en cristaux par l'évaporation spontanée. Elle fond vers 45°, et se prend par le refroidissement en une masse semblable à la stéarine, qui n'offre aucune texture cristallisable. D'après M. Marson, une solution de potasse la saponifie assez facilement, et forme une liqueur savonneuse parfaitement claire, d'où un acide minéral sépare l'acide laurique. Par la distillation sèche, elle fournit de l'acroléine et un corps gras, solide, cristallisable dans l'éther. Elle est formée de :

1 at. d'acide laurique = $C^{48} H^{46} O^{3}$.
1 at. de glycérine.... = $C^{6} H^{4} O$.
1 at. de laurine..... = $C^{54} H^{50} O^{4}$.

*Acide laurique.* Cet acide s'obtient en décomposant la dissolution chaude du laurate de soude par l'acide tartrique. Il se sépare sous forme d'une huile incolore qui se prend par le refroidissement en une masse transparente solide et cristallisable. Il se dissout dans l'alcool, et mieux encore dans l'éther, mais il ne se sépare pas en cristaux de ces dissolvants. Son point de fusion est plus bas, chose étrange, que celui de la laurine : il est placé entre 42 et 43°. Sa dissolution alcoolique possède une réaction fortement acide.

La composition de l'acide laurique anhydre est représentée par la formule : $C^{40} H^{46} O^{3}$.

Celle de l'acide cristallisé par : $C^{48} H^{48} O^{4}$.

Il forme donc un des termes de la série générale que nous avons signalée, et se place immédiatement après l'acide cocinique.

3753. *Laurane.* En terminant l'histoire de la laurine, je dirai quelques mots d'une substance cristallisable, analogue aux résines extraite, des baies de laurier par Bonastre, et que je désignerai sous le nom de *laurane.*

Cette matière, à l'état de pureté, se présente sous la forme d'aiguilles, dont la longueur varie de 3 à 4 lignes. Ces cristaux sont composés de deux pyramides allongées, et adossées base à base formant des octaèdres. Ils présentent une amertume et une âcreté très prononcées. Leur odeur forte rappelle celle du laurier.

La laurane est très peu soluble dans l'alcool froid, beaucoup plus soluble dans l'alcool bouillant, ainsi que dans l'éther. Les alcalis fixes et l'ammoniaque ne se combinent point avec elle.

Elle renferme :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 70,0 |
| Hydrogène ..... | 8,0 |
| Oxygène..... | 22,0 |
| | 100,0 |

*Beurre de cacao.*

3754. Cette huile s'extrait soit par expression des graines du *theobroma cacao*, arbre qui croît dans l'Amérique méridionale, soit par l'ébullition de ces graines avec de l'eau. Cette huile est jaunâtre et possède la même odeur que les semences. Sa consistance est analogue à celle des suifs. Elle fond à 50° et rancit très difficilement.

*Anamirtine.*

3755. Lorsqu'on fait digérer la coque du Levant, fruit de l'*anamirta cocculus*, avec de l'alcool ordinaire, et qu'on concentre la liqueur par la distillation de l'alcool, on obtient par le refroidissement une matière grasse d'une couleur vert foncé qui nage à sa surface. Les semences, débarrassées de leur enveloppe, donnent une matière grasse identique. La matière grasse, séparée de la liqueur, est soumise à plusieurs ébullitions avec de l'eau distillée pour enlever toute la picrotoxine et les autres substances solubles.

Si après avoir enlevé à la coque du Levant toute sa picrotoxine et sa matière colorante à l'aide de trois à quatre traitements par de l'alcool, on la met en digestion avec de l'éther, et qu'on expose au froid la dissolution éthérée filtrée, on voit cristalliser lentement une matière grasse d'un blanc éblouissant sous forme d'arborisations. On en retire une plus grande quantité par la distillation de l'éther. On achève sa purification par deux ou trois cristallisations dans l'alcool; elle est alors d'un blanc mat et possède un point de fusion constant. Cette substance, que nous désignerons sous le nom d'*anamirtine*, a été étudiée par M. Francis. Elle est très soluble dans l'éther chaud, et s'en sépare, par le refroidissement, en groupes cristallins dendritiques; elle est peu soluble dans l'alcool. Elle fond entre 35 et 36°, ne cristallise pas par le refroidissement, mais se racornit en offrant une surface ondulée. Elle se saponifie

difficilement et avec lenteur par l'ébullition avec une solution de potasse étendue; mais la saponification s'opère aussitôt, lorsqu'on la fait fondre avec de l'hydrate de potasse et un peu d'eau. Soumise à la distillation sèche, elle fournit de l'acroléine, un corps gras solide et acide et un produit liquide, mais pas trace d'acide sébacique. Sa formule est :

$$C^{76} H^{72} O^{4}.$$

En admettant pour la glycérine la formule

$$C^{6} H^{4} O,$$

l'anamirtine serait formée de :

1 at. acide anamirtique.. $= C^{70} H^{68} O^{3}$.
1 at. glycérine..... $= C^{6} H^{4} O$.
1 at. anamirtine..... $= C^{76} H^{72} O^{4}$.

*Acide anamirtique.* Pour préparer cet acide, on saponifie la matière précédente par une solution de potasse jusqu'à ce qu'elle forme une liqueur parfaitement claire, puis on décompose la dissolution par l'acide chlorhydrique. Il se rassemble alors à la surface une huile incolore, qui bientôt se solidifie en une masse blanche cristalline; on la fait ensuite bouillir dans l'eau distillée, afin d'enlever tout l'acide chlorhydrique, puis on la fait dissoudre dans l'alcool faible et chaud. L'acide cristallise, par le refroidissement, en petites aiguilles qui, desséchées, ont un vif éclat nacré. Son point de fusion est constant à 68°. Par le refroidissement, il cristallise en groupes étoilés d'une couleur blanche brillante. L'acide ainsi obtenu est hydraté. L'acide anhydre possède, d'après l'analyse de ses combinaisons, la composition suivante :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{70}$ ..... | 2654 ..... | 78,57 |
| $H^{68}$ ..... | 424 ..... | 12,55 |
| $O^{3}$ ..... | 300 ..... | 8,88 |
| | 3379 | 100,00 |

Celle de l'acide hydraté, tel que nous venons de le décrire, est :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $C^{70}$ ..... | 2654 | ..... | 76,04 |
| $H^{70}$ ..... | 439 | ..... | 12,51 |
| $O^{4}$ ..... | 400 | ..... | 11,75 |
| | 3491 | | 100,00 |

*Anamirtate de soude.* Ce sel, obtenu par la digestion de l'acide pur avec un excès de carbonate de soude, cristallise en longs prismes présentant un éclat nacré très vif.

*Éther anamirtique.* Il forme une masse solide, demi-transparente. On le prépare comme les autres éthers des acides gras, en faisant passer un courant de gaz chlorhydrique sec dans une dissolution alcoolique saturée de cet acide. Il fond à 32°; placé sur la langue, il produit une sensation de froid, et possède une saveur butyreuse; il est très volatil, mais en partie décomposable par la distillation. Il est représenté par la formule :

$$C^{70} H^{68} O^{3}, C^{8} H^{10} O.$$

## GRAISSES ANIMALES.

3756. Les animaux ne forment pas de graisse; les plantes seules ont ce privilège. Mais cependant, nous allons souvent chercher la graisse qui s'est concentrée dans les animaux, tandis qu'il serait difficile de l'extraire à bon marché des plantes qui la leur ont fournie.

Mais, si les animaux ne produisent pas de matière grasse, ils modifient assez souvent celle qu'ils ont absorbée, d'où il résulte que la graisse des herbivores est celle qui doit être la plus rapprochée par ses propriétés de la graisse des plantes alimentaires. La graisse des carnivores est plus profondément modifiée.

Nous allons donc examiner ici successivement la graisse des herbivores, celle des carnivores, les beurres et les variétés de matières grasses qui ne se classent pas dans l'un ou l'autre de ces groupes, comme la cire et quelques produits analogues.

## SUIFS.

3757. C'est particulièrement la graisse des herbivores que l'on désigne sous le nom de suif. Elle possède généralement, en effet, à la température ordinaire cette consistance ferme que l'on connaît au suif de mouton ou de bœuf.

Les suifs sont du reste, comme toutes les graisses animales, formés de cellules à parois très délicates, très minces, qui, en se desséchant à l'air, s'affaissent un peu en prenant des formes polyédriques, qui, mouillées, se présentent avec l'aspect de vésicules plus ou moins ovoïdes.

3758. *Fonte du suif.* On nomme ainsi l'opération qui a pour but d'extraire la substance grasse des tissus adipeux.

Les mêmes procédés s'appliquent aux suifs des divers animaux; ce sont surtout les bœufs, vaches et moutons dépecés aux abattoirs publics, qui fournissent au commerce la plus grande partie des suifs obtenus dans ces établissements à l'aide des opérations que nous allons décrire. La quantité des suifs annuellement consommés en France s'élève à environ 35,200,000 kil.

Toutes les masses de graisse libre extraites de l'animal dépouillé, pour être vendues séparément en dehors des viandes dites de boucherie, sont livrées aux fondeurs sous la dénomination de *suifs en branches.*

Cette matière première doit être soumise le plus promptement possible à la fonte, et, en attendant, on doit prévenir son altération spontanée qui résulterait de la putréfaction du sang ou des tissus musculaires qui y adhérent, en évitant surtout de la conserver en tas volumineux. Pendant les chaleurs de l'été, il est convenable de suspendre tous ces lambeaux de suifs en branches sur des cordes étendues à l'air libre, ou du moins au milieu de pièces aérées.

Au moment de fondre le suif, on le divise le mieux possible à l'aide de hachoirs à la main. Le but de cette division mécanique est de donner issue à la graisse, en ouvrant les

cellules qui la renferment, et de diminuer le volume des morceaux, afin que l'action de la température s'y fasse sentir plus uniformément.

Il y aurait une utilité réelle à mieux diviser qu'on ne le fait généralement les suifs en branches, car on rendrait ainsi la fonte plus prompte et les altérations moindres. Quelques machines ont été construites dans cette vue : c'étaient des meules verticales en fonte, tournant dans une auge horizontale, ou des cylindres cannelés écrasant comme des laminoirs. Malheureusement, les propriétés physiques des corps gras trop glissants pour être convenablement maintenus, ont rendu peu économiques ces agents de division ; on ne les emploie guère : quelques perfectionnements permettront sans doute un jour d'y revenir.

Lorsque la matière première est coupée, hachée plus ou moins menu, ou bien écrasée, on la fait fondre en suivant le procédé dit *des cretons*, ou celui dit *à l'acide*.

La fonte aux cretons se fait généralement encore, à feu nu, dans des chaudières en cuivre munies de gros robinets de décantation.

On chauffe avec ménagement, et en l'agitant avec une spatule, le suif divisé dont on charge graduellement la chaudière.

L'élévation de la température dilate la graisse, la rend fluide, et fait crisper les membranes du tissu qui la renferme. Ces deux effets contraires déterminent la rupture des cellules et l'exsudation de la graisse fluide. Lorsque cette sorte de séparation est suffisamment opérée, on soutire le suif liquide à la cannelle, on le reçoit sur un tamis qui retient quelques débris membraneux ; le liquide gras coule dans un récipient où il séjourne pendant cinq ou six heures ; on le puise alors avec de grandes cuillères ou pucheux en cuivre, pour le verser dans des falots en bois imbibés d'eau : lorsque le suif y est complètement figé, il a

pris son retrait; on retourne les falots qui laissent tomber les pains de suif solide.

Quant aux résidus membraneux restés dans la chaudière, on les met à égoutter dans des vases en forte tôle, percés de trous et placés sur le plateau d'une presse à vis en fer; on les soumet à une pression graduée et énergique, afin d'extraire le plus possible du suif interposé. Il reste dans le vase un pain solide que l'on enlève après avoir ouvert le vase, en ôtant les clavettes qui le maintenaient.

Les pains circulaires, ainsi obtenus, se vendent sous le nom de pains de cretons, pour la nourriture des chiens ou l'engrais des terres.

Le suif est d'autant plus blanc et plus ferme que l'on a mis une plus forte proportion de suif de mouton dans la matière première formant la charge de la chaudière.

La même opération peut se faire par la vapeur dans des chaudières à double fond, chauffant à 120 ou 150°, par la vapeur, sous la pression de 2 à 3 atmosphères. Cette modification offre l'avantage d'éviter les coups de feu, et de donner des suifs plus blancs.

M. Darcet a proposé un moyen d'extraction des suifs qui peut être avantageux en certaines circonstances : il consiste à mettre en dissolution les membranes au moyen de l'acide sulfurique étendu.

Voici comment on opère en grand :

Dans une chaudière en cuivre, chauffée par la vapeur, et de la contenance de 1200 litres environ, on met, 1° 50 kil. de boulée (résidu aqueux trouble d'une opération précédente); 2° en quatre chargements, 1000 kil. de suif en branche haché; on ajoute 150 litres d'eau dans laquelle on a délayé 5 kil. d'acide sulfurique à 66°; on chauffe, puis on fait descendre sur la chaudière un couvercle en cuivre étamé muni d'une soupape de sûreté; on le fixe avec des boulons à clavette ou des pinces, et l'on maintient la température à 105 ou 110° pendant deux heures et de-

mie. Alors, toutes les membranes étant désagrégées ou dissoutes, on décante le suif liquide dans une chaudière, récipient enveloppé de corps mauvais conducteurs; on y ajoute 1 kil. 1/2 à 2 kil. d'alun dissous dans 20 litres d'eau, on laisse reposer pendant dix heures; aussi faut-il avoir deux ou trois récipients pour une chaudière; au bout de ce temps, on décante le suif dans les falots.

Ce procédé donne un suif plus blanc et plus dur. En hiver, on en obtient 83 à 85 pour 100 au lieu de 80 à 83 que donne le procédé des cretons. Mais ce dernier laisse en résidu les cretons qui pèsent 8 à 10 pour 100 environ, et qui se vendent de 12 à 15 fr. les 100 kil. Le suif qu'on obtient sans acide est préféré pendant l'été par les fabricants de chandelles par la raison que sa pâte, plus homogène, ne laisse pas suinter, comme le suif à l'acide, une substance fluide.

Il semblerait que le traitement par l'acide aurait décomposé une petite quantité de suif en acides gras, dont la cristallisation plus tranchée mettrait en liberté un peu d'oléine ou d'acide oléique. Toujours est-il que leurs avantages spéciaux, à peu près balancés, dominent en faveur de l'un ou de l'autre moyen, suivant les saisons.

Outre leurs emplois comme aliments, les suifs servent dans la préparation des savons, dans celle des acides gras pour les bougies stéariques. On les emploie en nature pour lubrifier les tiges et pistons des machines à vapeur, les stuffen-box, les outils des menuisiers, charpentiers, etc. On s'en sert aussi dans la confection des cosmétiques, pour assouplir les cuirs hongroyés. Enfin, on en consomme beaucoup dans la confection des chandelles, dont nous allons parler.

3759. *Fabrication des chandelles.* Il y a peu d'opérations manufacturières aussi simples. Le procédé le plus en usage consiste à faire fondre le suif à une douce chaleur; le bain marie ou la vapeur conviennent parfaitement à cet usage.

Pour donner la forme aux chandelles, on se sert de

moules légèrement coniques, dits en étain, mais faits d'un alliage de 1 d'étain fin avec 2 de plomb, dans l'axe desquels on a fixé une mèche bien tendue, à l'aide d'une traverse dans l'entonnoir, et d'une cheville formant le bout conique inférieur. Tous les moules étant ainsi disposés et rangés sur un bâtis, on verse successivement sur chacun d'eux le suif à la cuillère, et on laisse refroidir avant de démouler et de mettre en paquets de $2^k,5$.

Le poids du coton employé est d'environ 1 pour 100 du suif; il compense le déchet, et le poids du papier épais des enveloppes concourt au bénéfice : il forme 4 pour 100 du poids total.

Dans les provinces, on prépare encore des chandelles informes dites à la baguette : à cet effet, on enfile sur des baguettes ayant la longueur d'une chaudière en trémie, 15 à 20 mèches que l'on trempe un grand nombre de fois dans le suif entretenu à une température très voisine de la solidification. A chaque immersion, une couche mince adhère aux couches précédentes; on la laisse consolider pendant que l'on trempe d'autres chandelles, et l'on multiplie ces immersions et refroidissements alternatifs, jusqu'à ce que le poids de douze ou de seize chandelles soit égal à 1 kil.

Les chandelles à la baguette coulent moins et sont un peu plus économiques que les autres; mais leur forme raboteuse les fait généralement exclure de la consommation dans les grandes villes,

Cependant, ce procédé de fabrication offre un principe digne d'attention. En effet, rien n'empêche de faire usage pour les premières couches d'un suif de qualité inférieure, et de terminer par un suif épuré et même par de l'acide stéarique. On aurait ainsi des chandelles d'un contact moins désagréable et d'une combustion plus assurée, l'enveloppe extérieure s'opposant au coulage.

Dans quelques fabriques, on donne une teinte azurée au suif des chandelles au moyen de l'oxyde de cuivre. On délaye dans le suif fondu quelques millièmes de potasse dis-

soute, puis l'équivalent en sulfate de cuivre. Il se forme de l'hydrate de cuivre, qui se dissémine dans la graisse et la colore en bleu.

## BOUGIE STÉARIQUE.

3759. Les suifs qui conviennent le mieux à la préparation des bougies stéariques, sont ceux de bœuf et de mouton; toutes les autres matières grasses, ou bien présentent des prix trop élevés, ou bien sont pauvres en acides solides, qui seuls peuvent être employés à la confection des bougies; quant à la préférence à donner à l'un des deux suifs nommés plus haut, elle dépendra nécessairement du prix de chacun d'eux, de la quantité d'acides stéarique et margarique proportionnelle à ce prix, enfin de la facilité de travail résultant de l'emploi de l'une ou de l'autre qualité de suif.

En général, on peut dire que le suif de mouton est celui qui contient le plus d'acides solides et qui est le plus facile à travailler; celui de bœuf est d'ordinaire à meilleur marché.

Les fabricants de bougie stéarique ont l'habitude d'acheter le suif tout fondu et préparé chez les bouchers; cette méthode, qui évite des embarras, est loin cependant d'être la meilleure, car il est difficile, si ce n'est impossible, de reconnaître la pureté et l'origine d'un suif, quand il a été fondu. De là, des tâtonnements dans la fabrication et des déchets quelquefois considérables.

S'il y a possibilité, il est important que le fabricant achète lui-même le suif en branches, c'est à dire la graisse telle qu'elle sort de l'animal, enveloppée de ses membranes et renfermée dans le tissu cellulaire. Rien de plus facile d'ailleurs que d'extraire le suif; il suffit de découper le tissu graisseux en lames minces, de le faire fondre avec de l'eau dans une chaudière; la matière grasse fondue se sépare du tissu et vient surnager; on la moule dans des baquets, et elle est propre alors à la confection des bougies.

3760. Les différentes opérations en usage pour la fabrication de la bougie stéarique peuvent se subdiviser comme il suit :

1° *Saponification*, qui consiste à combiner les acides gras avec la chaux et à éliminer ainsi la base glycérique ;

2° Pulvérisation des savons de chaux ;

3° Décomposition des savons de chaux par l'acide sulfurique étendu ;

4° Lavage des acides stéarique, margarique et oléique rendus libres : 1° par de l'eau légèrement acidulée, 2° par de l'eau pure ;

5° Moulage et cristallisation des acides gras mis en liberté ;

6° Découpage des masses cristallines ;

7° Pressage à froid ;

8° Pressage à chaud ;

9° Epuration des acides solides, 1° par de l'eau acidulée, 2° par de l'eau pure ;

10° Fonte et moulage des acides solides, etc.

11° Blanchiment des bougies ;

12° Polissage, pliage, etc., des bougies.

Cet exposé des différentes phases de la fabrication donne une idée assez exacte de ce que peut être une fabrique de bougies et des appareils employés ; nous allons du reste revenir sur chaque partie et donner tout le développement que nécessite l'importance de cette nouvelle industrie.

3761. La chaux nécessaire à la saponification des acides gras contenus dans le suif, doit être aussi caustique que possible ; elle doit s'éteindre parfaitement, sans laisser de parties solides.

L'acide sulfurique, employé pour la décomposition des savons de chaux, n'a pas besoin d'être à 66° puisqu'il doit être étendu d'eau ; il sera donc avantageux, toutes les fois que les prix de transport le permettront, d'employer cet acide à la sortie des chambres de plomb ; on n'aura pas à

payer les frais de concentration dans les chaudières en platine, et il en résultera une importante économie. Ceci explique comment quelques fabricants d'acide sulfurique livrent au commerce des pains d'acide stéarique, blanc et pur, à des prix si bas, que le fabricant de bougies trouve souvent de l'avantage à l'acheter tout fait, et à ne s'occuper que du moulage des bougies.

3762. La saponification a pour but, comme nous l'avons déjà vu, de détruire la combinaison des acides gras avec la glycérine, au moyen de la chaux qui la remplace ; d'obtenir des stéarate, margarate et oléate de chaux. La glycérine, mise en liberté, se dissout dans l'eau nécessaire pour déterminer la combinaison.

Dans une cuve en bois légèrement conique, de la contenance de 2,000 litres à peu près, on place 500 kilogrammes de suif avec une quantité d'eau bien plus que suffisante en effet pour dissoudre la glycérine, car elle s'élève à peu près à 1,000 litres. On chauffe au moyen d'un tube circulaire placé dans le fond de la cuve et qui lance de la vapeur par une multitude d'orifices. Quand le suif est fondu, on ajoute peu à peu 75 kilogrammes de chaux bien délayée et on laisse à la combinaison le temps de s'effectuer en ayant soin toutefois d'agiter fortement la masse. Il est convenable, et ce serait une amélioration à introduire dans la plupart des fabriques de bougie stéarique d'une certaine importance, de produire l'agitation, mécaniquement, par l'emploi d'une machine à vapeur. (La pl. 119, fig, 1 et 2 indique un des moyens que l'on pourrait adapter à la cuve, et que la légende explique suffisamment.) Nous insisterons sur ce point, cette agitation étant d'une grande importance. En effet : non seulement elle accélère et rend plus intime la combinaison de la chaux avec les acides gras, mais encore elle permet de diminuer la proportion de cette base, et par suite la quantité d'acide sulfurique qui doit la saturer.

On peut se rendre compte de l'économie qui résulterait

d'une saponification perfectionnée, dans le seul emploi de l'acide sulfurique. En effet, le suif que l'on employe renfermant ordinairement 88 pour 100 d'acides gras, on trouve d'après le calcul que 100 kilogrammes de ce suif exigeront 9 kil. 35 de chaux pour se saponifier. Or, dans la plupart des fabriques, on en employe plus de 15 kil.; c'est donc pour 100 kil. de suif 6 kil. de chaux qu'il faut saturer en pure perte par 10 à 11 kil d'acide sulfurique à 66°. Nous le répétons, une agitation énergique permettrait de diminuer cette perte.

3763. Au bout de six à huit heures, durée de la saponification, on soutire la partie liquide qui entraîne en dissolution la glycérine, et on extrait de la cuve les stéarate, margarate et oléate de chaux, sous la forme de savons très durs. A cette phase de la fabrication, il y aurait encore un changement important à introduire dans l'industrie qui nous occupe.

Dans plusieurs fabriques, on se contente de concasser grossièrement et à bras d'hommes les savons de chaux, et de les porter directement dans de nouvelles cuves en bois, de la même forme que les précédentes, où ils sont soumis à l'action de l'acide sulfurique étendu, qui doit les décomposer. Cet acide met en liberté les acides stéarique, margarique et oléique, en s'emparant de la chaux pour former du sulfate de chaux. Il est évident qu'il y aurait grand avantage à pulvériser économiquement ces savons. D'un côté, on réduirait la durée de leur décomposition ; de l'autre, on pourrait diminuer encore la quantité d'acide sulfurique que, dans l'état actuel des choses, on est obligé de mettre en grand excès. Ce but serait peut-être atteint en broyant le savon entre deux cylindres cannelés, continuellement refroidis par un courant d'eau froide qui les traverserait ou les arroserait : précaution nécessaire, parce que le savon échauffé par la pression s'amollirait et ne se réduirait pas en poudre, mais bien plutôt en lames.

Les cuves à décomposition par l'acide sulfurique sont, comme nous l'avons dit, analogues aux cuves à saponifier; elles sont, comme ces dernières, légèrement coniques, de la même capacité, chauffées directement à la vapeur, et il est convenable de les munir aussi d'un agitateur ; elles ont de plus une doublure en plomb, qui préserve le bois de l'action de l'acide sulfurique.

Il est facile de se rendre compte de la quantité d'acide sulfurique nécessaire à la décomposition des savons de chaux. Puisque, pour 500 kilogrammes de suif, on employe, comme nous l'avons dit, 75 kil. de chaux caustique, l'équivalent de cette chaux en acide sulfurique sera le nombre cherché. Or, pour 100 kil. de chaux, il est égal à 167 kilog. d'acide à 66° ; pour 75° il sera de $\frac{167 \times 75}{100}$ soit 125 kilog. pour 500 kil. de suif. Pratiquement, on ajoute 10 à 15 pour cent à cette quantité, et on étend l'acide, supposé à 66°, de vingt fois son volume d'eau.

3764. Quand la décomposition des savons est terminée, ce qui arrive à peu près au bout de trois heures, on laisse reposer la masse ; les acides gras viennent surnager le liquide ; le sulfate de chaux se précipite au contraire au fond de la cuve. On procède alors au lavage des acides ; pour cela, on les soutire au moyen d'un robinet placé au dessus du dépôt, dans une cuve de bois, semblable aux précédentes, chauffée à la vapeur et doublée en plomb. Dans cette cuve, les dernières traces de chaux sont enlevées au moyen d'une solution très étendue d'acide sulfurique. Une seconde chaudière, en tout semblable à la première, est destinée à opérer un deuxième lavage à l'eau pure.

Les trois acides, privés autant que possible de chaux ou d'acide sulfurique, sont enfin soutirés dans des moules en ferblanc de la contenance de 30 litres à peu près, et un peu évasés afin que le pain d'acide solidifié en sorte plus facilement.

Ces pains, dont le poids est à peu près de 25 kil., présentent à l'œil une teinte jaune, quelquefois assez intense, et ont encore une apparence désagréable ; ces deux défauts proviennent de l'acide oléique qui est liquide à la température ordinaire, et qui n'est qu'interposé entre les cristaux des deux acides solides, les acides stéarique et margarique. Il suffira donc, pour obtenir ces deux derniers, d'exprimer par une forte pression l'acide oléique : on y parvient, comme nous le verrons, de la manière la plus satisfaisante.

Avant de soumettre à la pression les acides gras, on les divise au moyen d'un couteau mécanique dont on se fera une idée assez complète en examinant la planche 119, figure 5, et la légende qui s'y rapporte. Rien n'empêche d'ailleurs de mouler ces acides en plaques minces ; on évite ainsi le travail du découpoir.

Immédiatement après le découpage, les acides gras sont enveloppés en couches minces dans une serge, et portés directement sur le plateau d'une presse hydraulique verticale ordinaire. Une grande partie de l'acide oléique s'écoule à froid, mais les dernières portions ne peuvent être extraites qu'à l'aide d'une élévation de température, et il est alors nécessaire d'employer des presses disposées horizontalement, semblables à celles qui fonctionnent dans les huileries.

Depuis la création de l'industrie qui nous occupe, les presses horizontales ont subi plusieurs heureux changements. Primitivement, elles se composaient de la bache où la pression a lieu, du cylindre presseur et de plaques en fonte que l'on plongeait à chaque opération dans un baquet plein d'eau bouillante, et que l'on plaçait ensuite entre les pains d'acide. Ce procédé exigeait une main-d'œuvre trop considérable ; on remplaça plus tard le chauffage des plaques en formant un double fond autour de la bâche qui contient les pains et en y faisant arriver un jet de va-

peur. Maintenant, enfin, on employe dans quelques usines les deux systèmes réunis, mais au lieu de retirer les plaques en fonte à chaque opération, elles ne sortent jamais de la bâche, elles sont creuses et reçoivent, par la partie inférieure, un jet de vapeur. Le tube général, qui fournit la vapeur à toutes les plaques, possède entre chacune de ces dernières un joint qui lui permet de se plier sans que rien vienne arrêter la vapeur, lorsque la pression force les plaques à se rapprocher les unes des autres.

Le pain d'acides ne touche pas les plaques en fonte ; il en est séparé de chaque côté par un feutre très épais qui permet à l'acide oléique de s'écouler librement et de se réunir au fond de la bâche. Il se rend dans une cuve, où on le reçoit dans des vases plats ; par le refroidissement, il laisse déposer l'acide stéarique qu'il avait entraîné à la faveur de la température élevée qu'il possédait.

Après les deux pressages, l'acide oléique est suffisamment séparé et les pains formés d'acide stéarique et d'acide margarique qui restent pour résidu sont d'une blancheur éclatante ; ils ne forment plus que 45 p. 100 du suif employé. On les porte alors dans la cuve où on veut les épurer par l'acide sulfurique très étendu. Les cuves à épurer sont comme toutes les précédentes chauffées à la vapeur. Elles ont pour objet de débarrasser les acides gras des dernières traces de chaux ; après quoi il ne reste plus qu'à les débarrasser de l'acide lui-même par des lavages à l'eau. Le lavage bien opéré, on laisse reposer la matière ; on la décante dans une cuve inférieure contenant de l'eau pure que l'on renouvelle à plusieurs reprises. On la laisse de nouveau reposer, on la soutire dans des moules et on en obtient enfin des pains parfaitement beaux et propres à la confection des bougies.

3765. *Fonte et moulage des acides blancs.* — On employe pour la fusion des acides solides et blancs soit des

pots en grès chauffés au bain-marie, soit une chaudière en cuivre plaquée en argent, afin d'éviter la coloration des acides. Cette chaudière est à double fond, chauffée à la vapeur. On ajoute ordinairement à l'acide stéarique 10 p. 100 de cire qui empêche les bougies et les stalactites qui se forment sur elles d'être trop friables.

Les moules dans lesquels on coule les bougies sont formés avec un alliage de 1/3 d'étain et de 2/3 de plomb ; ils sont légèrement coniques et terminés par un entonnoir; on fixe la mèche supérieurement avec une grosse épingle recourbée ; inférieurement, avec une cheville de bois qui la serre contre les parois de l'orifice. Ces mèches sont natées, disposition ingénieuse qui évite la nécessité de moucher continuellement ces bougies, car les mèches de la bougie stéarique charbonnent au moins autant que celles des chandelles. Par suite du tressage, la mèche, au fur et à mesure que la bougie brûle, se détourne et se recourbe légèrement, de sorte que l'extrémité va se consumer dans le blanc de la flamme. Cette précaution de tresser les mèches ne suffit pas, car la faible quantité de chaux que retient toujours l'acide gras engorgerait les mèches et diminuerait leur capillarité, si on ne prenait pas la précaution de les plonger dans une dissolution d'acide borique; cet acide forme avec la chaux un borate qui se fixe dans la mèche, et qui se convertit en une perle fusible qu'on voit briller à l'extrémité de la mèche après sa complète combustion.

Lorque les mèches sont fixées au centre des moules, on porte ces derniers, rangés huit par huit sur des plaques en ferblanc, au chauffoir destiné à élever leur température. Ce chauffoir est formé de compartiments en tôle, recevant chacun huit moules, et plongeant dans un bain d'eau maintenu à une température élevée au moyen d'un jet de vapeur (*voir* la fig. 9 et 10 de la pl. 120).

Les moules étant suffisamment chauds, on les porte près de la chaudière de fonte et on les remplit au moyen

d'une écuelle; mais, pour cela il faut attendre que l'acide commence à cristalliser ; cette précaution, ainsi que celle qu'on prend de chauffer les moules, est nécessaire pour troubler la cristallisation de l'acide gras, cristallisation qui donnerait aux bougies une apparence désagréable.

Après le refroidissement des moules, on ôte la cheville qui retient la mèche, et on retire la bougie au moyen d'un poinçon; on casse la masselote et on égalise les bougies avec un couteau, analogue à celui qui sert à découper les trois acides réunis. Les déchets sont épurés avec de l'acide tartrique, et ils servent directement à la confection des bougies.

Quand les bougies sont moulées, il est nécessaire de les exposer quelque temps à la lumière et à l'humidité pour qu'elles acquièrent toute la blancheur désirable. Dans les villes où le terrain est cher, on peut faire avec avantage cette exposition sur une terrasse construite au dessus des ateliers.

Les dernières préparations que l'on fait subir aux bougies sont le polissage et le pliage; le polissage se produit en frottant vivement la bougie avec un morceau de drap humecté d'alcool ou d'ammoniaque. Le pliage consiste à réunir les bougies cinq par cinq et à en former des paquets qui pèsent 1/2 kil. et qu'on livre à la consommation.

3766. *Suif de bœuf.* —Cette substance est solide, ferme ; après avoir été fondue, elle commence à se figer à 37° ; elle exige quarante parties d'alcool bouillant à 0,821 pour se dissoudre. Elle contient environ les trois quarts de son poids de stéarine.

La stéarine du suif de bœuf est blanche, grenue et cristalline ; elle ne fond qu'au dessus de 44°. La surface de la masse solidifiée est unie; cette stéarine est demi-translucide, comme de la cire blanche. Cent parties d'alcool anhydre en dissolvent 15,48 à la température de l'ébullition.

Le suif de bœuf sert dans les arts à fabriquer des

chandelles, des bougies et du savon. On l'applique aussi à différents usages économiques.

*Huile de pied de bœuf.* — On retire des pieds de bœuf une graisse particulière. Pour se la procurer, on enlève les poils et les sabots; on écrase la partie inférieure de l'os de la jambe, et on la fait bouillir dans de l'eau; à la surface du liquide vient nager une graisse qui est connue sous le nom d'huile de pied de bœuf; elle reste liquide au dessous de zéro et se conserve longtemps sans s'altérer; après en avoir séparé la stéarine autant que possible, on l'emploie pour graisser les rouages des horloges.

*Suif de bouc.* — Cette matière ressemble au suif de bœuf. Elle répand une odeur désagréable qui dépend d'une graisse particulière que M. Chevreul a désignée sous le nom d'hircine, et qui, lorsqu'on sépare le suif de bouc en stéarine et oléine, se concentre dans cette dernière dont l'odeur devient encore plus prononcée. Le suif de chèvre fournit plus d'acide stéarique que le suif de bœuf. Aussi est-il fort recherché des fabricants de bougie stéarique.

*Suif de mouton.* — Il ressemble beaucoup à celui du bœuf par ses caractères extérieurs. Lorsqu'il reste quelque temps exposé au contact de l'air, il acquiert une odeur particulière. La stéarine qu'on en retire est blanche, peu brillante; lorsqu'elle a été fondue, elle commence à se solidifier à 38°; elle est demi-translucide; par la saponification, elle fournit 95 pour 100 d'acides gras. Son oléine est incolore; elle possède une faible odeur de mouton; par la saponification elle donne 89 pour 100 d'acides gras, qui contiennent une petite quantité d'acide hircique. D'après M. Chevreul, le suif de mouton présente la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Carbone | 78,99 |
| Hydrogène | 11,70 |
| Oxygène | 9,31 |
| | 100,00 |

Les usages du suif de mouton sont les mêmes que ceux du suif de bœuf.

3767. *Graisse humaine.*—C'est une graisse molle dont la consistance varie un peu suivant les régions du corps qu'elle occupe. La graisse humaine exige quarante fois son poids d'alcool à 0,821 pour se dissoudre ; en se refroidissant, la dissolution laisse déposer de la stéarine. Celle-ci cristallise en une masse de petites aiguilles terminées par une surface lisse. Cent parties d'alcool anhydre en dissolvent 21,5 parties à la température de l'ébullition ; la plus grande partie se dépose par le refroidissement. En faisant bouillir le papier brouillard, dans lequel on a exprimé la graisse humaine, à la température de 0°, on obtient de l'oléine impure. C'est un liquide incolore, susceptible de cristalliser à quelques degrés au-dessous de zéro. Quatre cents parties d'alcool bouillant dissolvent cent vingt-trois parties de cette oléine ; à 77°, la dissolution commence à se troubler. Cent parties de graisse humaine donnent, par la saponification, 95 ou 96 parties d'acides gras, consistant en acides margarique et oléique, et 9 à 10 parties de glycérine. D'après l'analyse de M. Chevreul, la graisse humaine et son oléine possèdent la composition suivante :

| | Stéarine. | Oléine. |
|---|---|---|
| Carbone..... | 79,00 | 78,57 |
| Hydrogène..... | 11,42 | 11,45 |
| Oxygène..... | 9,58 | 9,98 |
| | 100,00 | 100,00 |

Fourcroy a donné le nom d'adipocire à la graisse des cadavres retirés du cimetière des Innocents. Ce produit avait vivement frappé l'attention ; on le désignait sous le nom de gras de cadavres, et on le considérait comme la

combinaison d'une matière grasse particulière avec de l'ammoniaque. Mais M. Chevreul a démontré que cette matière n'est autre chose que de la graisse humaine saponifiée, dont les acides gras sont en partie à l'état de liberté, en partie combinés avec de l'ammoniaque, de la chaux et de la magnésie.

*Graisse de porc.* — La graisse de porc est blanche ou faiblement jaunâtre, et molle à la température ordinaire. Sa fusibilité varie, suivant les individus et leur nourriture, entre 26° et 31°. D'après Saussure, sa pesanteur spécifique est à 15° de 0,938, à 50° de 0,8918, à 69° de 0,8811 et à 94° de 0,8628, toujours comparée avec celle de l'eau à 15°. Lorsqu'on la presse longtemps et avec force à 0°, dans du papier buvard, celui-ci lui enlève 62 pour 100 de son poids d'une oléine incolore, qui reste liquide même à un grand froid. La stéarine qui reste, après qu'on a exprimé l'oléine, est inodore, translucide, sèche et grenue; sa surface est inégale et composée de petites aiguilles cristallines.

Si on laisse la graisse de porc abandonnée à l'air pendant quelque temps, elle devient jaune, rancit et présente une réaction acide. Il se dégage dans cette circonstance un acide volatil analogue à l'acide caproïque. Cent parties de graisse de porc donnent, par la saponification, neuf parties de glycérine et 94,65 d'un mélange d'acides gras.

D'après M. Chevreul, la stéarine et l'oléine de la graisse de porc présentent la composition suivante :

| | Stéarine. | Oléine. |
|---|---|---|
| Carbone..... | 79,09 | 79,03 |
| Hydrogène ..... | 11,15 | 11,42 |
| Oxygène ..... | 9,76 | 9,55 |
| | 100,00 | 100,00 |

Cette graisse a, comme on sait, des usages très étendus dans l'économie domestique, la médecine et les arts.

*La graisse de jaguar* est d'un jaune orangé; elle se fige à 29,5; son odeur est désagréable. Elle exige, pour se dissoudre, quarante-six parties d'alcool bouillant à 0,821.

*La graisse de cheval* est presque liquide à la température ordinaire; son odeur est désagréable.

*La graisse de lièvre* est jaune, rougeâtre, onctueuse, et présente les propriétés des huiles siccatives.

3768. *Graisse d'oie.* — Cette graisse est incolore; elle possède une saveur et une odeur agréables. Après avoir été fondue, elle se prend, à 27°, en une masse grenue, ayant la consistance du beurre. D'après M. Braconnot, elle contient 32 pour 100 de stéarine et 68 pour 100 d'une oléine incolore, douée de la saveur particulière de la graisse d'oie. Cent parties d'alcool anhydre dissolvent 36 parties de stéarine de graisse d'oie, à la température de l'ébullition. Cent parties d'alcool anhydre en dissolvent 123,5 parties à 75,3. La stéarine donne, par la saponification, 94 pour 100 d'acides gras; l'oléine en donne 89 pour 100.

*La graisse de canard* fond à 25°; elle contient 28 pour 100 d'une stéarine fusible à 52,5, et 72 pour 100 d'une oléine dans laquelle réside l'odeur particulière de la graisse de canard.

*La graisse de dindon* ressemble beaucoup à la précédente; elle contient 26 pour 100 d'une stéarine fusible à 45°, et 74 pour 100 d'une oléine qui possède la saveur de la graisse de dindon.

3769. *Blanc de baleine.* — Cette substance se trouve dans le tissu cellulaire interposé entre les membranes du cerveau de diverses espèces de cachalot, et notamment du *physeter macrocephalus.*

Elle est mêlée ordinairement avec une huile liquide dont on la sépare au moyen d'une forte pression; on la

traite ensuite par une faible dissolution de potasse caustique; pour dissoudre l'huile qui y est adhérente, on la lave avec de l'eau et on la fond ensuite dans l'eau bouillante. Le blanc de baleine se trouve dans le commerce sous la forme de pains blancs demi-transparents, à cassure cristalline et lamelleuse. Sa pesanteur spécifique est de 0,943 à 15°. Il fond à environ 44°; soumis à la distillation, il se décompose en donnant naissance à de l'acide éthalique et à un hydrogène carboné qui paraît être identique avec le cétène. Cent parties d'alcool bouillant en dissolvent sept parties, et en laissent déposer une certaine quantité par le refroidissement sous forme de lames cristallines. D'après les recherches de M. Chevreul, le blanc de baleine renferme une quantité considérable de cétine dont nous traiterons en parlant des dérivés du cétène; une certaine quantité d'une huile fluide à + 18°, et un autre principe particulier, jaunâtre. D'après M. Berard, le blanc de baleine renferme :

| | |
|---|---|
| Carbone | 79,5 |
| Hydrogène | 11,6 |
| Oxygène | 8,9 |
| | 100,0 |

*Graisse de dauphin.* — Cette graisse s'obtient soit au moyen du delphinus phocœna, soit au moyen du delphinus globiceps.

*L'huile du delphinus phocœna* s'obtient en fondant la panne dans de l'eau. Elle offre une couleur d'un jaune pâle; elle possède une odeur de poisson qui disparaît par l'action réunie de la lumière solaire et de l'air. Sa pesanteur spécifique est de 0,937 à 17°; elle brunit peu à peu à l'air; cette couleur disparaît au bout de quelque temps. Cent parties d'alcool bouillant à 0,821 forment, avec vingt parties de cette huile, une dissolution qui se trouble, dès qu'on la retire du feu; par la saponification,

elle donne un mélange d'acides margarique, oléique et phocénique, et de la glycérine.

*L'huile du delphinus globiceps* est d'un jaune citrin; son odeur est analogue à celle du poisson et du cuir apprêté au gras. Sa densité est de 0,918 à 20°. Cent parties d'alcool, d'une densité de 0,812, en dissolvent cent-dix à la température de 70°. En faisant refroidir très lentement cette huile jusqu'au point de congélation, elle laisse déposer une substance qui ressemble à la cétine. L'huile de laquelle cette cétine s'est déposée est parfaitement liquide à 20°, et semblable à du beurre à 15°; sa pesanteur spécifique est de 0,924. Cent parties d'alcool à 0,820 en dissolvent cent quarante-neuf parties à une température voisine de l'ébullition. Par la saponification, elle produit des acides margarique, oléique et phocénique, ainsi que de la glycérine.

*Huile de baleine.* — On la trouve dans le commerce sous forme d'une huile brunâtre, douée d'une forte odeur de poisson. Sa pesanteur spécifique est de 0,927. A 0°, elle laisse déposer une substance solide. Cette huile se saponifie très aisément; elle exige pour cela 6 pour 100 de son poids d'hydrate de potasse et cinq parties d'eau. Le savon, ainsi obtenu, est brun et complètement soluble dans l'eau; en décomposant le savon par les acides, on met en liberté de l'acide margarique, de l'acide oléique et une petite quantité d'acide phocénique.

La stéarine qui se dépose par le refroidissement de l'huile de poisson, lorsqu'elle est purifiée, se fige entre 21° et 27°; après avoir été fondue, elle se dissout assez facilement dans l'alcool anhydre bouillant, et se sépare de cette dissolution sous forme de cristaux, en laissant une eau-mère brune et épaisse. Cent parties de cette stéarine donnent, par la saponification, quatre-vingt-cinq parties d'un mélange d'acides margarique et oléique, et seulement des traces d'acide phocénique.

5770. *Graisse de coccus.*—Les insectes du genre coccus

contiennent une certaine quantité d'une graisse soluble. La graisse du *coccus cacti* s'extrait au moyen de l'éther qui forme avec elle une dissolution jaune. Pour obtenir cette graisse à l'état incolore, il faut la dissoudre à plusieurs reprises dans l'alcool anhydre bouillant et la faire cristalliser. L'alcool la sépare en une stéarine qui cristallise en feuillets blancs, nacrés, fusibles à 40° et peu solubles dans l'alcool froid. L'oléine reste en dissolution dans l'alcool contenant encore un peu de stéarine. Cette matière est facile à saponifier; elle produit des acides gras fixes et un acide volatil odorant.

Le coccus polonicus est de toutes ces espèces celle qui fournit le plus de matière grasse.

## BEURRES.

3771. La matière grasse du lait porte le nom de beurre. On ne connaît jusqu'ici que le beurre des mammifères herbivores. Celui des mammifères carnivores n'a jamais été étudié. Du reste, le lait de ces animaux est à peine connu lui-même.

Le lait des herbivores se compose de beurre, de caséine, de sucre de lait et de divers sels.

Le sucre de lait, les sels et la caséine elle-même sont dissous dans l'eau qui forme la partie la plus abondante du lait. Le beurre est en suspension dans le liquide qui en résulte. Il y forme des globules très ténus, ordinairement assez uniformes en diamètre, et doués d'une transparence assez parfaite et d'un pouvoir réfringent assez puissant, pour qu'ils offrent un aspect particulier et spécial. Ces globules sont bien plus brillants que ceux qui sont produits par des matières animales en suspension.

Quand on abandonne le lait à lui-même, le beurre, plus léger que la partie aqueuse, tend à s'élever à la partie supérieure du liquide où il constitue la crême.

Vient-on à battre longtemps le lait, ces globules, d'a-

bord isolés et libres, se réunissent peu à peu et finissent par former des masses de matière grasse qui se séparent nettement du liquide restant, dont elles demeurent toutefois imprégnées elles-mêmes.

En examinant au microscope la manière dont se passe cette opération, on voit facilement que les globules de beurre s'accollent et forment de larges plaques de matière grasse longtemps avant l'époque où la séparation devient manifeste pour l'opérateur et où les masses de beurre se montrent en effet.

On a dit que le beurre devenait libre par le passage du lait à l'état acide. Il n'en est rien. Dans les expériences faites avec M. Payen et M. de Romanet, nous avons vu le lait acide et le lait fortement alcalisé par le bi-carbonate de soude se comporter tout à fait de même sous le rapport de la séparation du beurre. Dans le lait alcalin, la séparation a même été un peu plus prompte que dans l'autre.

Nul doute que la température n'exerce une influence sur la séparation plus ou moins facile du beurre : c'est de 11 à 12° que l'opération se fait le mieux ; à 15° et au dessus on perd du beurre, et son goût s'altère. Au dessous de 10°, l'opération devient très longue. Par le battage du lait, la température s'élève de 2° environ.

En été, l'opération dure une demi-heure; en hiver, elle est bien plus longue. On favorise quelquefois la séparation du beurre en ajoutant un peu de sel au lait.

Quand le beurre s'est réuni par le battage, il ne faut pas croire néanmoins que le lait de beurre qui reste en soit dépourvu. En effet, si on l'examine au microscope, on trouve qu'il renferme encore une multitude de granules butyreux tout à fait semblables à ceux que possédait le lait précédemment employé. Evidemment, même, les globules butyreux qui échappent sont proportionnels à la quantité de liquide. D'où il suit qu'il est d'un grand intérêt, quand on veut obtenir beaucoup de beurre, de se débarrasser

d'une grande partie du liquide, en laissant d'abord le lait au repos pour déterminer la formation de la crême, au lieu de traiter directement le lait lui-même. Dans cette pratique, on voit toujours le lait devenir assez fortement acide, par suite de l'action de l'air. C'est donc sur une crême aigrie que s'exécute le travail pour la séparation du beurre.

Quand on veut éviter cet inconvénient, on opère directement sur le lait. Rien n'empêcherait de rendre le lait alcalin par une addition convenable de bicarbonate de soude.

3772. Le beurre peut se préparer au moyen du lait de différents animaux; cependant le lait de vache est le plus employé, et celui qui donne le beurre le meilleur et le plus aromatique; les beurres retirés du lait de brebis, de chèvre, d'ânesse, ont toujours un goût particulier plus ou moins prononcé.

Terme moyen, une vache qui donne 1800 litres de lait par an, mange 3600 kil. de foin pendant le même temps. Son lait produit 64 kil. de beurre. L'analyse indique au moins 72 kil. de matière grasse dans le foin qu'elle a mangé.

On compte donc qu'il faut 28 litres de lait pour produire 1 kil. de beurre; ce qui est du reste à peu près conforme au résultat donné par l'analyse, le lait de beurre interposé dans la matière grasse venant compenser la perte qui résulte de la petite quantité de matière grasse échappée au barratage et restée dans le lait de beurre.

Bien entendu que des vaches bien soignées peuvent donner beaucoup plus de lait et de beurre par an : en mangeant 730 kil. de foin, elles peuvent donner près de 140 kil. de beurre.

Il existe deux méthodes généralement répandues pour préparer le beurre; la plus ordinaire consiste à laisser à la crême le temps de se séparer du lait, à prendre cette crême et à la battre pour en séparer le beurre; par ce

procédé, on n'obtient pas le produit le plus délicat possible, mais on en obtient n plus grande quantité.

Ainsi, dans des essais faits en grand, on a trouvé qu'en employant 22 litres à peu près de lait tiré depuis vingt-quatre heures, on obtenait 3 litres 75 cent. de crême, qui pouvaient communément donner, au bout d'une heure de battage, près de 1 kilogramme de beurre d'excellente qualité.

Par le second procédé, au contraire, qui consiste à employer le lait tout entier, et à le battre aussitôt après qu'il a été tiré, on a obtenu, pour la même quantité de 22 litres, et après plus d'une heure de battage, seulement $0^k$,610 de beurre.

Il est vrai de dire que, si on a employé un lait de bonne qualité, on obtient, dans ce dernier cas, un produit irréprochable sous le rapport du goût; au reste, le beurre de la Prévalaye, dans les environs de Rennes, est préparé de cette manière. Nous devons ajouter que le beurre fait avec le lait frais se conserve plus difficilement que l'autre, et qu'il exige des soins de toutes sortes dans sa fabrication.

Quel que soit le mode employé pour préparer le beurre, les appareils dont on se sert peuvent être les mêmes; le plus simple et le plus répandu consiste en un vase cônique d'un faible diamètre, 16 à 28 centimètres au plus sur $1^m$ à $1^m$20 de haut, pouvant se fermer à la partie supérieure avec une rondelle en bois. C'est dans ce vase qu'on place la crême ou le lait qu'on veut traiter.

Le battage se fait au moyen d'un agitateur formé d'un disque en bois percé de trous et emmanché par son centre sur un long bâton qui s'y implante verticalement. C'est en élevant et en abaissant alternativement cette espèce *de piston* qu'on parvient à séparer le beurre du lait.

Dans la vue d'économiser la main d'œuvre et de gagner du temps, dans les grandes exploitations rurales, on a

modifié cette barate rudimentaire d'une foule de manières.

Tantôt, on emploie un tonneau se mouvant horizontalement sur un axe, et contenant intérieurement des bâtons disposés de telle manière qu'ils rompent le plus possible la nappe de lait ou de crême; tantôt, le tonneau, toujours placé horizontalement, est fixe, et c'est l'axe qui se meut et qui porte un agitateur à ailettes.

Enfin, on comprend qu'il y a une foule de manières d'atteindre le même but; mais, dans tous les cas, on doit réaliser les conditions suivantes :

1° On doit employer, pour la construction de l'appareil, du bois sec parfaitement sain, ou tous autres matériaux ne pouvant communiquer au beurre ni mauvais goût, ni odeur. On construit de très bonnes barattes en ferblanc et mieux en étain, et quelquefois en terre; il est évident que le grès remplirait toutes les conditions désirables;

2° Les angles doivent être arrondis, et toutes les parties de l'appareil doivent être disposées pour la plus grande commodité des fréquents nettoyages; car, pour éviter les fermentations, la plus exquise propreté est nécessaire. Pour obtenir un beurre fin, toute cause d'altération doit être écartée ;

3° Enfin, on doit aviser à toutes les dispositions qui permettent de séparer facilement le beurre du petit lait, d'agglomérer ce beurre, et de le laver à l'eau fraîche pour en extraire les dernières parties du petit lait, ce dernier pouvant en faciliter singulièrement l'altération, à cause de la caséine qu'il renferme et qui joue le rôle de ferment. De plus, ces appareils doivent présenter la solidité et la modicité de prix, que réclament les établissements agricoles.

La crême qui est destinée à donner le beurre doit être séparée du lait avant que celui-ci soit devenu trop aigre,

c'est à dire vingt-quatre heures au plus après qu'il a été tiré. Quelques expériences ont bien prouvé qu'on obtenait un peu plus de beurre de la crême de lait aigri, quelle qu'en soit la cause; mais cette petite augmentation dans le produit est plus que compensée par la moindre qualité du beurre. Toutes choses égales d'ailleurs, le meilleur beurre se produit toutes les fois qu'on opère sur de grandes masses, par une température de 11 à 12°. En été, on doit obtenir cette température en rafraîchissant les vases avec de l'eau de puits, et en hiver, au contraire, en opérant dans une pièce chauffée, ou en employant de l'eau chaude. La température de la crême tend toujours à s'élever pendant le battage.

Le battage de la crême ne doit se faire ni trop vite, ni trop lentement; dans le premier cas, le beurre perd de son arôme et contracte quelquefois un mauvais goût; dans le second cas, au contraire, le beurre se forme difficilement et n'a plus la qualité supérieure qu'on recherche. Au reste, plus la température est basse, plus le battage peut être vif.

Quand le beurre est formé dans la baratte, on en fait écouler le petit lait et on lave le beurre à l'eau dans l'appareil, si sa disposition le permet; dans le cas contraire, on réunit à la main le beurre flottant, ou bien on fait passer le tout sur un filtre en toile; le petit lait dégoutte et le beurre reste seul. On pétrit ensuite le beurre pour en exprimer les dernières parties de petit lait, soit à la main, soit, ce qui est plus convenable, au moyen de rouleaux en bois ou de battes; tout en pétrissant, on a soin d'immerger de temps à autre le beurre dans l'eau pure. Dans quelques pays, pour conserver au beurre tout son arôme, on extrait le petit lait sans employer de l'eau : pour cela, on le pétrit à sec et on le comprime au moyen d'une presse.

Le beurre bien fabriqué et de bonne qualité doit avoir une belle couleur jaune, une odeur agréable, un goût

exempt de toute trace de rancidité, et un arôme qui, différent suivant les provenances, doit toujours être délicat et sans arrière goût.

3773. Le beurre, tel qu'il est obtenu par les procédés et avec les soins que nous venons de retracer rapidement, doit être conservé dans un lieu très frais, ou immergé dans de l'eau que l'on renouvelle de temps à autre. Malgré ces précautions, si la température extérieure est un peu élevée, le beurre ne tarde pas à acquérir un goût rance très désagréable.

On a cherché à conserver le beurre et on n'y est parvenu qu'en le salant avec des précautions convenables. On doit employer du sel marin exempt de sels déliquescents, qui ait longtemps été exposé à l'air, par exemple. Ce sel doit en outre être parfaitement desséché au four, puis pulvérisé fin. Le beurre doit être pétri avec beaucoup de soin, avec la quantité de sel convenable, à peu près un demi-kilog. de sel pour 6 à 10 kilog. de beurre; on en emploie plus ou moins, suivant que le beurre est de plus ou moins bonne qualité.

Quelquefois, on sale le beurre en l'immergeant dans une saumure; mais ce procédé est rarement employé.

Une fois la salaison faite, on met immédiatement le beurre dans des pots en terre, ou dans des barriques à douves bien jointes.

Quelquefois on sale le lait ou la crème avant le barattage, et c'est ainsi, par exemple, que se fabrique le beurre de Bretagne.

Le beurre peut encore se conserver assez longtemps si on a soin de le fondre quelque temps après qu'il a été préparé. Cette fusion doit s'opérer à une température suffisante pour coaguler la caséine interposée dans le beurre, et capable d'agir à la manière des ferments. Il faut donc porter la température à 90° ou 100°. La caséine coagulée

se réunit en écumes qui surnagent, ou en dépôt floconneux qui tombe au fond du liquide.

On décante le beurre et on l'enferme dans des pots où il peut se conserver frais pendant six mois. En ajoutant du sel au beurre fondu, et en couvrant les pots d'une couche de sel, on assure sa conservation.

En séparant la caséine entraînée par le beurre, on le débarrasse des ferments auxquels elle pourrait donner naissance; et qui sont indispensables à la décomposition spontanée du corps gras et à la séparation des acides butyrique, oléique et margarique, qui donnent au beurre rance son odeur et son âcreté.

## CIRE.

3774. La cire est une substance que la nature nous offre en abondance et qui diffère jusqu'à un certain point des autres graisses, ainsi qu'on le verra tout à l'heure.

On trouve dans le commerce deux espèces de cire; la cire jaune et la cire blanche. La première ne diffère de la seconde, qu'en ce qu'elle contient une matière colorante jaune et une matière odorante dont on peut la priver en la fondant d'abord dans l'eau chaude, pour la réduire ensuite en lanières minces en la faisant couler en nappes sur un cylindre en bois plongeant en partie dans l'eau froide et tournant lentement sur son axe. On l'expose enfin dans cet état à l'action de l'air humide et de la lumière solaire. On a proposé l'emploi du chlore et du chlorure de chaux pour le blanchiment de cette matière, et surtout pour certaines variétés de cire que le soleil ne blanchit pas; mais, leur emploi présente un grave inconvénient, car il y a, dans ce cas, fixation de chlore, qui se substitue à l'hydrogène dans la matière organique, ce qui donne naissance à de l'acide chlorhydrique, quand on brûle les bougies.

Il résulte des recherches dont la cire d'abeilles a été l'objet, que cette substance est formée de deux principes

auxquels on a donné les noms de *cerine* et de *myricine*.

Les chimistes qui se sont occupés de ce sujet varient un peu d'opinion sur les proportions relatives de ces deux matières dans la cire.

Ainsi, John admet que la cerine en constitue les neuf dixièmes, tandis que d'après Boudet elle n'en formerait que les sept dixièmes. Du reste, on ne voit pas pourquoi ce rapport serait constant.

Pour séparer ces deux matières on peut employer la méthode suivante :

La cire blanche est traitée à plusieurs reprises par l'alcool bouillant, jusqu'à ce que ce véhicule ne lui enlève plus rien. La liqueur alcoolique étant abandonnée au refroidissement, laisse déposer la cérine, qu'on purifie en lui faisant subir plusieurs cristallisations dans l'alcool. Le résidu insoluble, traité à plusieurs reprises par de petites quantités d'alcool bouillant, constitue la myricine.

A l'état de pureté, la cérine se présente sous la forme de fines aiguilles. Elle se dissout dans 16 parties d'alcool bouillant. Elle fond, d'après Boudet et Boissenot, à une température de 62°, tandis que, d'après des expériences récentes de M. Levy, ce point de fusion serait fixe à 66°. Traitée par une dissolution concentrée de potasse caustique, elle donne une émulsion trouble et se sépare ainsi en deux substances ; l'une, que quelques chimistes considèrent comme de l'acide margarique, et l'autre, insaponifiable et que l'on a désignée sous le nom de céraïne.

La myricine est le résidu insoluble dans l'alcool bouillant ; elle fond à 68°, se présente sous la forme d'une matière d'un blanc légèrement grisâtre, qui ne possède aucune texture cristalline. Soumise à la distillation sèche, elle passe en partie sans altération. Une dissolution de potasse concentrée et bouillante ne paraît exercer qu'une action très faible sur elle. Il résulte au contraire des expériences de M. Lévy que dans ce cas la myricine se saponifie. Elle

exige au moins 200 parties d'alcool bouillant pour se dissoudre; par le refroidissement, elle se dépose sous forme de flocons.

Lorsqu'on soumet la cire à la distillation, on obtient au commencement de l'opération une eau acide qui paraît contenir en dissolution une matière analogue aux acides gras volatils. Bientôt après, on voit arriver dans le récipient une matière solide blanche présentant l'aspect nacré, c'est de la paraffine. A celle-ci succède une matière butyreuse verdâtre qui tient une grande quantité de paraffine en dissolution. Il reste dans la cornue un faible résidu charbonneux.

Lorsqu'on distille la cire avec de la chaux, on obtient une grande quantité d'une huile jaune très fluide qui passe en premier lieu. C'est un mélange de plusieurs huiles inégalement volatiles. Vers la fin de la distillation, quand la cornue est portée au rouge sombre, il distille de la paraffine. D'après M. Lévy, lorsqu'on traite la cire par la potasse caustique, elle produit une masse savonneuse; en décomposant celle-ci par l'acide chlorhydrique, formant un savon de baryte avec la matière grasse, et traitant enfin le produit par l'éther, on obtient une graisse insaponifiable qui, probablement, est de la céraïne. L'acide gras combiné à la baryte possède une composition qui porterait à le confondre avec l'acide stéarique.

On désigne sous le nom de cire beaucoup d'autres matières qu'on rencontre fréquemment dans le règne végétal. Nous dirons seulement quelques mots de ces différents produits. D'après M. Chevreul, lorsqu'on traite les feuilles de chou par l'alcool bouillant, on obtient une substance, fusible à 75°, et présentant des propriétés analogues à celles de la myricine.

En faisant bouillir avec de l'eau les baies de plusieurs espèces de myrica et notamment celles du myrica cerifera, on obtient une substance fusible à 49° et présentant une

densité de 1,015. Traitée par l'alcool, elle se sépare en cérine et myricine, dans le rapport de 87 à 13. La cire du myrica cerifera donne, lorsqu'on la saponifie, des acides stéarique, margarique et oléique, ainsi que de la glycérine. La cérine contenue dans cette cire est donc différente de celle de la cire d'abeilles.

On retire de l'écorce du ceroxyllon andicola une matière cireuse, d'un jaune verdâtre, cassante et facile à réduire en poudre. Elle est peu soluble dans l'alcool froid, très soluble au contraire dans l'alcool bouillant. Lorsqu'on épuise cette cire par l'alcool froid et qu'on traite ensuite le résidu par l'alcool bouillant, la liqueur étant abandonnée à elle-même, il s'y forme des végétations cristallines. Desséchés, ces cristaux qui ont l'aspect plumeux présentent un éclat soyeux et répandent de la lumière lorsqu'on les écrase dans l'obscurité. M. Bonastre a donné à ce produit le nom de ceroxyline.

Les fruits du rhus succedanea donnent une espèce de cire qui ressemble extérieurement à la cire d'abeilles et qui est connue dans le commerce sous le nom de cire du Japon. A l'état de pureté, elle est d'un blanc légèrement jaunâtre, demi transparente et facile à réduire en poudre. Elle fond à 50° et se dissout en totalité dans l'alcool et l'éther. Elle renferme :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 72,88 |
| Hydrogène..... | 12,03 |
| Oxygène..... | 15,09 |
| | 100,00 |

Il résulte des expériences de M. Meyer, que la cire du Japon, que nous désignerons sous le nom d'éthaline, est une combinaison de glycérine et d'acide éthalique.

En traitant la farine de blé par l'acide nitrique, on obtient une substance qui surnage l'acide. Cette matière est soluble dans l'alcool et l'éther. Elle forme des savons

avec la potasse et la soude ; M. Hess lui a donné le nom d'acide céraïque.

En retrouvant dans tant de plantes des produits analogues à la cire des abeilles, on est porté à mettre en doute l'exactitude des conclusions tirées par Huber de l'expérience où il a vu des abeilles nourries de sucre pur produire de la cire. Tout porte à croire que les abeilles empruntent leur cire aux plantes, et que si Huber y avait pris garde, il se serait aperçu que ses abeilles avaient maigri.

3775. *Cérosie.* On rencontre à la surface de l'écorce des cannes à sucre et notamment de la variété violette, une substance cireuse observée par M. Avequin et à laquelle il a donné le nom de *cérosie.*

Elle se présente sous forme de poussière blanche, adhérente à l'écorce, qu'on peut facilement en détacher avec la lame d'un couteau. La canne à rubans fournit également une grande quantité de cette matière, Celle d'O'Tahiti en contient beaucoup moins, et la canne créole n'en donne presque pas. Cette substance est identique sur toutes les variétés de cannes à sucre.

A l'état de pureté, cette substance est blanche, cristallisable. Pour l'obtenir sous cet état, on la fait fondre au bain marie dans une capsule de porcelaine et on la laisse refroidir lentement. Lorsque la surface est solidifiée, on la perce avec une lame de couteau chauffée et l'on fait écouler la portion solide. L'intérieur de la capsule présente alors une foule d'aiguilles tronquées et entrelacées, bien apparentes.

Cette substance possède une odeur à peine sensible. Sa pesanteur spécifique est égale à 961 à la température de 10°.

Elle fond à 82° ; à 88° elle se solidifie. C'est la substance de ce genre dont le point de fusion est le plus élevé. Elle est très dure, sa cassure est nette et on peut facilement la réduire en poudre. Cette matière est insoluble dans l'eau ; elle est également insoluble dans l'alcool à 36°, à froid.

Elle est entièrement soluble dans l'alcool bouillant et s'en sépare par le refroidissement, sous forme de lamelles fines et micacées. Plus l'alcool est fort et mieux elle se dissout à chaud. Elle est insoluble dans l'éther sulfurique à froid. Elle s'y dissout difficilement à chaud et en petite quantité.

Elle se combine difficilement avec les alcalis.

Un arpent de cannes à sucre donne à peu près 18,000 cannes qui fournissent environ 36 kil. de cérosie. Une habitation qui roule par an 300 arpents de cannes pourrait fournir plus de 10,000 kil. de cette matière.

Elle possède la composition suivante :

| | | |
|---|---|---|
| $C^{96}$ | 3600 | 81 4 |
| $H^{100}$ | 625 | 14 1 |
| $O^{2}$ | 200 | 4 5 |
| | 4,425 | 100 0 |

En représentant la cérosie par $C^{96}\ H^{96}\ H^{4}\ O^{2}$, on en ferait un alcool, qui prendrait place après l'éthal, substance dont la cérosie se rapproche beaucoup.

### CHOLESTÉRINE.

3776. La cholestérine est une substance qu'on rencontre dans différentes parties du corps animal, et surtout dans le cerveau, les nerfs, et même le sang et la bile. Ce sont les calculs biliaires qui la donnent en plus grande abondance et dans le plus grand état de pureté.

La cholestérine est une matière grasse neutre, solide jusqu'à 137°, point où elle commence à fondre. Quand elle est liquide, si on la laisse refroidir lentement, elle cristallise en lames rayonnées. On l'obtient aussi sous forme d'écailles très brillantes lorsqu'elle se sépare lentement d'une solution alcoolique.

A 360°, elle se volatilise dans le vide sans décomposition.

Elle est insipide, inodore ou presque inodore, insoluble

dans l'eau ; soluble dans l'alcool. 100 part. d'alcool d'une densité de 0,816 bouillant, dissolvent 18 part. de cholestérine.

Traitée par une dissolution de potasse bouillante, pendant plusieurs jours, elle n'en éprouve aucune altération, etc.

Chauffée dans une cornue de verre, elle fond en exhalant une légère vapeur, puis entre en ébullition ; elle se colore en jaune, passe ensuite au brun, et ne laisse qu'une trace de charbon. Presque tout le produit de la distillation est d'une apparence huileuse ; il est neutre. La portion qui a distillé d'abord est incolore, celle qui a distillé à la fin de l'opération est colorée en jaune roux. Ce produit se compose d'une portion de cholestérine non altérée et d'une huile empyreumatique qui la tient en dissolution.

Chauffée à l'air, elle s'enflamme à la manière de la cire.

L'acide sulfurique concentré la décompose à l'aide de la chaleur.

Elle renferme $C^{52} H^{44} O$, ou un multiple quelconque, car son poids atomique n'est pas connu. En centièmes, l'analyse donne :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 83,86 |
| Hydrogène..... | 11,85 |
| Oxygène..... | 4,29 |
| | 100,00 |

Pour l'obtenir, on dissout dans l'alcool bouillant des calculs biliaires humains de cholestérine préalablement lavés avec de l'eau. On filtre la dissolution alcoolique chaude, et la cholestérine cristallise par le refroidissement.

3776. *Acide cholestérique.* L'acide cholestérique, découvert par M. Pelletier, s'obtient par l'action de l'acide nitrique sur la cholestérine. Il est susceptible de se dissoudre dans l'alcool et de cristalliser par l'évaporation spontanée de ce liquide, il se présente alors sous la forme d'aiguilles blanches. Il est, au contraire, jaune orangé, lors-

qu'il est en masse; son odeur a quelque analogie avec celle du beurre; sa saveur peu sensible est cependant légèrement styptique. Il fond à 58° centig. A une chaleur supérieure à celle de l'eau bouillante, il se décompose et donne une huile, de l'eau en assez grande quantité, de l'acide carbonique et du gaz hydrogène carboné; on ne retrouve pas d'ammoniaque dans les produits de sa décomposition. Sa pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'alcool et moindre que celle de l'eau; il est presque insoluble dans ce liquide, cependant il s'en dissout assez pour lui communiquer la propriété de rougir la teinture de tournesol; il se dissout dans l'alcool à toute température, mais beaucoup plus à chaud qu'à froid.

Les solutions alcalines le dissolvent et forment des combinaisons bien déterminées. Les acides ont peu d'action sur l'acide cholestérique; l'acide sulfurique concentré le charbonne; mais ce n'est qu'après un temps assez long, et il n'agit d'abord sur lui qu'en faisant virer sa couleur au rouge foncé. L'acide nitrique le dissout sans l'altérer, et son action n'est pas plus forte, quand on éleve la température jusqu'à l'ébullition.

Les acides végétaux ne dissolvent pas l'acide cholestérique. Les éthers sulfurique et acétique le dissolvent en toutes proportions. Les huiles volatiles de bergamotte, de lavande, de romarin, de térébenthine, opèrent sa dissolution, même à froid; mais il est insoluble dans les huiles d'olive, d'amande douce, de ricin, etc.

Tous les cholestérates sont colorés. Les cholestérates alcalins sont très solubles et déliquescents; les cholestérates terreux et métalliques sont au contraire très peu ou point solubles. Ils sont décomposés par tous les acides minéraux, et par la plupart des acides végétaux. Les cholestérates alcalins précipitent toutes les dissolutions métalliques.

*Cholestérate de potasse.* Le cholestérate de potasse est un sel neutre, d'une couleur jaune brunâtre, incristalli-

sable, très déliquescent, insoluble dans l'alcool et l'éther.

Par la chaleur, il donne de l'eau, une matière huileuse, du gaz hydrogène carboné, et laisse du carbonate de potasse.

Il est impossible d'obtenir ce sel avec excès d'acide, car, si après avoir saturé la potasse, on ajoute de nouvelles doses d'acide cholestérique, celui-ci se sépare sans entrer en combinaison. Les cholestérates de soude et d'ammoniaque jouissent des mêmes propriétés.

*Cholestérate de baryte.* Ce sel est très peu soluble; il est d'un rouge vif, quand il vient d'être précipité; par la dessication, il devient d'un rouge sombre.

*Cholestérate de chaux.* Ce sel s'obtient en décomposant le chlorure de calcium par le cholestérate de potasse. Il est sans odeur ni saveur, d'un rouge de brique.

*Cholestérate d'argent.* On l'obtient par le nitrate d'argent et le cholestérate de potasse; il est d'un rouge orangé.

## AMBRÉINE.

5778. On se procure facilement l'ambréine, en traitant l'ambre gris à chaud par de l'alcool d'une densité de 0,827, filtrant la liqueur et l'abandonnant à elle-même. Suivant la température et le degré de concentration de la liqueur, l'ambréine ne tarde pas à se déposer sous forme de houppes déliées, ou de mamelons.

Les eaux mères, dans lesquelles l'ambréine a cristallisé, contiennent encore assez de cette substance pour ne pas négliger de l'extraire. On y parvient sans difficulté en rapprochant les liqueurs.

L'ambréine est blanche; elle jouit d'une odeur suave, mais cette odeur ne paraît pas lui être particulière, car on l'en dépouille, de plus en plus, par des dissolutions souvent répétées. Elle est sans saveur et sans action sur le tournesol; elle est insoluble dans l'eau; l'éther et l'alcool froids la dissolvent très facilement à la température de

10° c., et en quantités considérables, quand ces liquides sont bouillants. La faculté dissolvante de l'alcool l'emporte cependant sur celle de l'éther.

L'ambréine se ramollit à environ 25°; elle fond à 30°. Si on l'expose à une chaleur assez forte, elle se colore en brun, et il passe une fumée blanche, en même temps qu'une portion de la matière se décompose. La vapeur blanche condensée paraît consister en ambréine non altérée.

L'action de l'acide nitrique concentré sur l'ambréine est très énergique. Il se forme d'abord une espèce de pâte grumelée qui, chauffée, se dissout et bientôt se tuméfie avec dégagement abondant de gaz nitreux; la masse prend un ton verdâtre qui passe au jaune clair; passé ce terme, elle ne change plus. C'est de l'acide ambréique.

3779. *Acide ambréique.* L'acide ambréique se présente sous forme de petits cristaux d'apparence lamelleuse. Cet acide est jaune quand il est en masse, et presque blanc lorsqu'il est divisé. Son odeur est particulière et n'a rien qui rappelle celle de l'ambre. Il rougit très sensiblement le papier de tournesol. Exposé au feu, il se décompose sans donner d'ammoniaque. Il est infusible à la température de l'eau bouillante; en cela, il diffère de l'acide cholestérique qui fond à 58°.

L'acide ambréique, qui est moins fusible que l'acide cholestérique, est aussi beaucoup moins soluble dans l'alcool et dans l'éther. Cependant, l'eau froide dissout ces acides à peu près dans la même proportion, mais en quantité extrêmement faible; l'eau bouillante en dissout davantage, et il s'en sépare une partie par le refroidissement. Ce liquide conserve encore la propriété de rougir faiblement le tournesol.

L'ambréate de potasse, en dissolution dans l'eau, forme des précipités floconneux d'un jaune plus ou moins foncé, avec les chlorures de calcium et de baryum, les sulfates de

cuivre et de fer, le nitrate d'argent, l'acétate de plomb, les chlorures de mercure, d'étain et d'or. Le précipité produit par l'or n'est réduit qu'après plusieurs heures. Ce phénomène est instantané avec le cholestérate de potasse.

On obtient l'acide ambréique en faisant bouillir une quantité suffisante d'acide nitrique sur l'ambréine pour l'acidifier entièrement, ce qu'on reconnaît facilement lorsque de nouvelles additions d'acide se vaporisent sans modification; on évapore alors l'acide nitrique avec soin jusqu'à siccité; on lave la masse avec de l'eau froide pour enlever le plus d'acide possible, et on la fait ensuite bouillir avec un peu de sous-carbonate de plomb. En réitérant les additions d'eau jusqu'à ce que celle-ci passe privée de toute trace métallique, on est alors certain que l'acide ambréique est entièrement privé d'acide nitrique, et il suffit de le reprendre par l'alcool bouillant. Cette dissolution, rapprochée suffisamment, laisse déposer par le refroidissement de petits cristaux de forme lamelleuse qui constituent l'acide pur.

Les eaux de lavage, chargées de nitrate de plomb, contiennent assez d'acide ambréique pour qu'on ne néglige pas de l'extraire. On y parvient en évaporant ces liqueurs à siccité et reprenant le résidu par l'alcool absolu froid, qui se charge de l'acide sans dissoudre sensiblement de nitrate.

## CASTORINE.

3780. C'est une espèce de graisse cristalline insaponifiable qu'on obtient en faisant bouillir le castoréum, avec 5 ou 6 fois son poids d'alcool à 0,85, filtrant la dissolution et la réduisant à moitié par l'évaporation. La castorine se dépose alors à l'état cristallin; on la purifie en lui faisant subir plusieurs cristallisations dans l'alcool.

A l'état de pureté, cette matière se présente sous la forme d'aiguilles quadrilatères transparentes, réunies en

groupes. Elle possède une faible odeur de castoréum et une saveur métallique. Elle fond dans l'eau bouillante en une huile qui se prend par le refroidissement en une masse transparente et facile à réduire en poudre. Soumise à la distillation avec de l'eau, elle passe en partie avec les vapeurs de ce liquide. L'éther la dissout très facilement. Les huiles volatiles ne la dissolvent point à froid.

L'acide sulfurique concentré dissout la castorine à froid. L'eau la précipite de cette dissolution. L'acide acétique bouillant la dissout en proportion assez considérable. Quand on évapore l'acide, elle se précipite sous forme cristalline. Les alcalis caustiques, étendus ou concentrés, ne lui font subir aucune altération. L'acide nitrique la décompose à la température de l'ébullition, en donnant naissance à un acide analogue aux acides cholestérique et ambréique.

## CHAPITRE XI.

### DES SAVONS.

3781. Les transformations particulières que les alcalis font subir aux corps gras, sont connues depuis un grand nombre d'années. Pline fait mention, sous le nom de *sapo*, du produit qui résulte de cette action, et qui, comme on sait, est soluble dans l'eau.

Berthollet, qui le premier se fit une opinion à près juste de la nature de ces corps, considérait les savons comme des composés dans lesquels les bases étaient neutralisées par des matières grasses. Pelletier pensait que l'acide carbonique était la cause de la solidification des huiles pendant leur saponification. D'autres chimistes, et notamment Fourcroy, prétendaient que l'huile ne se saponifiait qu'en absorbant de l'oxygène.

Pelletier, Darcet et Lelièvre, à qui nous devons des recherches importantes sur la fabrication des savons, ont

ouvert une voie dans laquelle M. Colin est entré avec une véritable utilité. Dans leur travail, ils indiquent les divers degrés de tendance à la saponification que présentent les corps gras solides ou huileux. Il résulte de leurs expériences, que les savons de potasse, même ceux qui sont préparés avec l'huile d'olive, sont constamment mous, mais qu'il est facile de convertir ces derniers en savons durs, par double décomposition, au moyen du sulfate de soude ou du sel marin. Réciproquement, la matière grasse extraite d'un savon dur, donne toujours, d'après M. Frémy, un savon mou quand on la combine avec la potasse.

Jusque-là, toutes ces expériences, quoique jetant du jour sur la fabrication des savons, laissaient tout à faire sous le rapport de la théorie. M. Chevreul, dans une série de mémoires importants analysa les phénomènes qui se produisent dans l'acte de la saponification, et fonda sur des bases solides la théorie des corps gras et celle des savons. MM. Braconnot, Bussy et Lecanu, Frémy, sont venus ensuite apporter de nouveaux faits qui ont pleinement confirmé la théorie de M. Chevreul. La découverte de la glycérine, par Schèele, qui lui donna le nom de principe doux des huiles, est le seul fait essentiel qui ait précédé les travaux de M. Chevreul.

Ce dernier a clairement établi que l'oxygène de l'air ne joue aucun rôle dans la saponification, ce qui est en contradiction avec ce que l'on croyait avant lui. Pour le démontrer, il introduisit dans une cloche de cinq décilitres de capacité, contenant du mercure, environ cinquante grammes de graisse qui avait été tenue pendant quelque temps en fusion. On renversa la cloche sur un bain de mercure, et on fit ensuite passer dans la cloche environ 150 grammes d'eau bouillie et bien purgée d'air; enfin, on ajouta à ce mélange une solution également bouillie de potasse à l'alcool, contenant 30 grammes de cette substance. L'appareil ayant été placé pendant trois jours, entre deux fourneaux allumés, la graisse devint

opaque, puis forma une masse gélatineuse transparente. Quand l'opération fut terminée, M. Chevreul reconnut que la matière grasse, placée ainsi à l'abri du contact de l'air, s'était comportée identiquement de la même manière que la même graisse saponifiée au contact de ce gaz. Dès lors, il ne fut plus possible d'admettre que l'air joue le moindre rôle dans l'acte de la saponification. Nous allons exposer maintenant, d'une manière sommaire, la théorie de cette opération, telle qu'on doit la concevoir aujourd'hui.

Les huiles fixes et les graisses peuvent être considérées comme des mélanges en proportions variables de certaines substances, qui sous le point de vue de leur constitution, semblent se rapprocher des éthers composés. On peut, en effet, regarder la stéarine, la margarine, l'oléine, l'élaïdine, etc., comme des combinaisons définies résultant de l'union d'acides ternaires avec une base également ternaire, parfaitement assimilable à l'éther; or, on sait que lorsque l'on fait agir la potasse ou la soude sur un éther composé, l'éther acétique par exemple les éléments de ce dernier se désunissent, l'acide se porte sur la base minérale pour former un sel, tandis que l'éther, mis en liberté, s'hydrate pour reproduire de l'alcool. Des phénomènes tout semblables apparaissent dans la réaction des alcalis sur les corps gras neutres. L'action, qui est nulle ou très lente à froid, s'accomplit facilement, au contraire, à une température de 100°; l'acide gras s'unit à la base minérale et donne naissance à un savon, tandis que l'éther glycérique mis en liberté, s'hydrate pour se convertir en glycérine. La saponification est donc l'opération très simple au moyen de laquelle on sépare les deux éléments organiques qui composent les corps gras neutres.

Parmi les savons, il n'en est que trois qui soient solubles dans l'eau; ce sont ceux de potasse, de soude et d'ammoniaque.

Les savons ammoniacaux se font tous à froid en raison de la volatilité de leur base. Ceux de potasse et de soude

se préparent toujours, au contraire, en faisant bouillir les matières grasses avec les dissolutions alcalines. Les autres savons étant insolubles se préparent le plus souvent par la méthode des doubles décompositions.

Lorsqu'on fait usage de lessives alcalines faibles dans la préparation des savons, on obtient une dissolution parfaite, qui se prend par le refroidissement en une masse transparente onctueuse et filante. Si les lessives employées sont concentrées, au contraire, les savons formés se rendent à la surface du liquide, tandis que la glycérine demeure en dissolution.

3782. On distingue les savons alcalins du commerce en deux classes, savoir : en savons durs ou à base de soude, et en savons mous ou à base de potasse.

Les savons durs ou à base de soude se préparent avec l'huile d'olive, le suif et diverses graisses. Le savon d'huile d'olive ne doit jamais posséder une consistance aussi ferme que le savon de suif. On l'obtient en rendant l'oléine prédominante; il arrive même souvent qu'on ajoute aux huiles d'olives qu'on saponifie environ un dixième ou même un cinquième d'huile de graines, ce qui rend, comme on dit, la coupe du savon douce, en diminuant sa consistance. Pour la préparation du savon blanc, on emploie les huiles les moins colorées. Quant aux savons de suif, c'est principalement en Angleterre, ainsi que dans le nord de l'Amérique et de l'Europe, qu'on les prépare.

Les savons mous s'obtiennent au moyen des huiles de graines, telles que celles de chènevis, de lin, de colza, etc. On prépare aussi, au moyen de l'axonge, un savon mou pour l'usage de la toilette. Les huiles de graines se distinguent en huiles chaudes et huiles froides, ce qui signifie que les premières se figent à une température moins basse que les secondes. Dans le nord de la France, on emploie des huiles froides pour la préparation des savons mous. Ces savons sont généralement colorés en vert ou en noir. On leur

communique ces couleurs soit au moyen de l'acide sulfo-indigotique, soit par un mélange de sulfate de protoxyde de fer, de noix de galles et de bois de campèche; soit à l'aide du sulfate de cuivre.

En général, les huiles siccatives donnent des savons plus mous que les huiles non siccatives : on doit, toutefois, faire observer que les différents corps gras ne se mélangent pas toujours d'une manière bien nette; ainsi, par exemple, d'après le docteur Ure, il suffit d'ajouter 5 pour 100 d'huile de pavot au suif pour rendre le savon de suif fibreux et impropre au lessivage.

Les savons verts et noirs sont principalement employés pour le foulage et le dégraissage des étoffes de laine.

Les savons de toilette se préparent de la même manière que le savon blanc, mais en évitant avec soin tout excès d'alcali.

Les diverses matières grasses ne sont pas également disposées à la saponification. Les huiles d'olives et d'amandes douces occupent le premier rang. Ensuite, se placent le suif, la graisse, le beurre et l'huile de cheval. Les huiles de colza et de navette viennent après.

On trouve ensuite les huiles de faîne et d'œillette; elles ne donnent un savon dur que par leur mélange avec l'huile d'olives. Les huiles de poisson, moins saponifiables encore, sont dans le même cas, ainsi que l'huile de chènevis, qui vient après.

L'huile de noix et l'huile de lin, les moins saponifiables de toutes, ne donnent que des savons pâteux, gras et gluants.

Dans les huiles, la partie solide est celle qui se saponifie le mieux, qui donne les savons les plus blancs, les moins odorants et les plus fermes. C'est en effet toujours dans l'oléine que se concentrent les graisses odorantes et les parties colorées des huiles qui les fournissent.

Il en résulte que si on saponifie partiellement une huile

quelconque, on tend toujours à former en définitive un savon dur et de l'oléine libre.

En général, les huiles qui ont absorbé l'oxygène, celles qui ont é té traitées par l'acide sulfurique, se saponifient moins bien que les autres.

Les savons à base de soude et de potasse sont très solubles dans l'alcool bouillant qui est leur véritable dissolvant. L'eau les dissout aussi, surtout à chaud, et quand la quantité d'eau n'est pas trop considérable. Lorsqu'on ajoute un grand excès d'eau à leur dissolution, le savon est décomposé; il se précipite une matière nacrée, douée de beaucoup d'éclat; c'est un bi-margarate ou un bi-stéarate de potasse ou de soude, tandis qu'une portion de l'alcali reste en dissolution à l'état libre.

Exposés au contact de l'air, les savons durs perdent de l'eau et se dissolvent ensuite avec lenteur dans ce liquide, sans s'y diviser. Les savons à base de potasse absorbent l'humidité atmosphérique et conservent l'aspect gélatineux.

Les savons de potasse sont généralement plus solubles que les savons de soude. Ces savons sont d'autant plus mous, qu'ils contiennent plus d'oléate; ils présentent d'autant plus de dureté qu'ils renferment plus de margarate ou de stéarate.

Vauquelin a fait sur l'action réciproque d'une dissolution savonneuse et d'une dissolution de sel marin, des expériences curieuses et importantes.

Cinq grammes de savon ayant été dissous dans environ un demi-litre d'eau distillée, la solution filtrée fut mêlée avec une dissolution de chlorure de sodium très pure faite avec vingt-cinq parties d'eau distillée; dès que les liqueurs furent mélangées, il y eut coagulation et séparation d'une matière visqueuse. Quand la quantité de sel marin est suffisante, le savon est entièrement décomposé; le coagulum séparé est gras, insoluble dans l'eau, et quand on le fait chauffer au milieu de ce liquide, il vient nager à sa surface

sous forme d'huile ; il se fige et cristallise par le refroidissement. L'eau acquiert dans cette opération une alcalinité très prononcée, et si l'on fait évaporer la liqueur jusqu'à siccité, on trouve que le sel marin est mêlé de carbonate de soude.

Le sel marin n'est pas le seul qui puisse coaguler la solution de savon, plusieurs autres matières jouissent également de cette propriété. Une dissolution de sulfate de soude rend à l'instant la solution épaisse et lui donne l'aspect du blanc d'œuf.

La solution de chlorhydrate d'ammoniaque produit le même effet.

Le carbonate de potasse et la potasse caustique agissent de la même manière, c'est à dire qu'ils opèrent la séparation du savon qui est entièrement insoluble dans les liquides alcalins. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que dans tous ces cas, il ne reste même pas trace de savon en dissolution.

Les savons de chaux, de strontiane et de baryte se présentent sous la forme de masses blanches, pulvérulentes, peu fusibles et insolubles dans l'eau et l'alcool.

La saponification d'un corps gras neutre peut s'opérer non seulement par la potasse, la soude et même l'ammoniaque, mais encore par des bases bien moins énergiques, telles que l'oxyde de plomb. D'où il suit que la chaux présente un moyen de saponification certain et économique pour nombre d'opérations industrielles ; telle est la fabrication de la bougie stéarique.

Pendant quelque temps, on avait pensé que la saponification des huiles ou du suif par la chaux ne pouvait pas s'effectuer à la pression ordinaire ; qu'il fallait, en conséquence, l'opérer dans une autoclave ou dans une chaudière à vapeur. On a bientôt reconnu, cependant, que cet excès de température était inutile, et qu'à 100°, elle s'effectuait complètement. M. Colin pense même que les lessives alca-

lines contenant de la chaux, sont plus propres que les autres à opérer la saponification des huiles.

Le savon de magnésie est blanc, gras au toucher; il fond à une douce chaleur; refroidi après avoir été fondu, il est transparent et cassant.

Le savon d'alumine est fusible à une température assez basse et complètement insoluble dans l'eau, l'alcool et les huiles grasses.

Les savons de protoxyde de manganèse, de protoxyde de fer et de bioxyde de cuivre se préparent au moyen d'une solution de savon et des dissolutions salines de ces métaux; ils sont insolubles dans l'eau. Les deux derniers se dissolvent à chaud dans l'éther, les huiles grasses et l'essence de térébenthine.

Le savon de plomb est blanc, mou, visqueux à chaud, friable et diaphane après le refroidissement. Préparé au moyen de l'huile d'olive et de la litharge, il constitue l'emplâtre diapalme. Les savons de zinc, de mercure et d'argent sont blancs, insolubles dans l'eau et se préparent par la méthode des doubles décompositions.

### SAVON D'HUILE D'OLIVE ET DE SOUDE OU SAVON DE MARSEILLE.

3783. Le savon de Marseille s'obtient avec des huiles d'olive auxquelles on ajoute quelques centièmes d'huile d'œillette et qu'on saponifie par des soudes artificielles. Sa fabrication a été décrite avec beaucoup de soin par M. Poutet, dont nous suivrons ici l'excellent travail.

Parmi les différentes huiles d'olive employées, on met en première ligne celles de Provence, relativement à la qualité du savon ainsi qu'à la quantité qu'on en obtient. Les huiles d'Aix sont moins productives que les précédentes, et donnent au savon une couleur citrine. Les huiles de Calabre donnent un savon très blanc, mais elles contiennent un peu moins de margarine; on est obligé de les mélanger

avec des huiles qui en soient plus chargées; sans cette précaution, on obtiendrait des savons trop mous.

En général, le royaume de Naples fournit des huiles donnant de beaux et bons savons. La Sicile n'est pas dans le même cas; les produits qu'on en retire donnent des savons fortement colorés en vert. Les huiles de Corse et de Sardaigne sont blanches; mais elles contiennent peu de margarine, ce qui oblige le fabricant à les mélanger avec des huiles plus riches en matière solide, s'il veut obtenir des savons d'une dureté convenable.

L'Espagne fournit des huiles estimées, tant pour la couleur que pour la qualité et la quantité de savon qu'elles donnent.

Les huiles du Levant fournissent un savon de bonne qualité, mais trop coloré; pour éviter ce dernier inconvénient, on les mélange souvent avec d'autres produits.

Enfin, les huiles de Tunis sont les moins estimées; elles contiennent peu de margarine, et donnent des savons mous et colorés. On ne les emploie le plus souvent que mélangées avec des huiles de qualités supérieures.

En résumé, on peut dire que les meilleures huiles pour la fabrication du savon sont celles qui ont le moins de couleur et qui contiennent le plus de margarine; car ces huiles donnent les savons les plus blancs et les plus durs. Il y a cependant des exceptions à cette règle; ainsi, des huiles vertes exposées à l'air et à la lumière peuvent perdre leur couleur; mais en même temps elles perdent de leur qualité.

L'expérience a prouvé aussi que les huiles les plus fraîches sont les meilleures; lorsqu'elles sont vieilles, elles se combinent moins facilement avec les alcalis, et elles ne donnent qu'un savon mou, ce qui oblige de les mélanger avec une proportion plus ou moins forte d'huile fraîche et abondante en margarine.

On emploie deux qualités de soude artificielle; l'une, sans mélange, marque de 33 à 36 degrés de l'alcalimètre de

Descroizilles ; l'autre, dite soude salée, est mélangée en effet d'une forte proportion de sel marin. Nous verrons plus loin à quoi s'appliquent ces deux qualités de soude.

3784. Les principales opérations d'une savonnerie sont les suivantes :

1° Préparation des lessives caustiques,

2° Empâtage de l'huile,

3° Relargage de la pâte saponifiée,

4° Coction du savon,

5° Madrage (ou moyen de marbrer le savon),

6° Coulage du savon dans les mises ou caisses.

7° Division du savon en gros pains, et subdivision de ces derniers en barres.

Dans le cas où l'on fabrique du savon blanc, la cinquième opération, le madrage, n'a pas lieu, et la manière d'opérer présente quelques particularités que l'on saisira facilement dans la description.

Comme nous l'avons dit, on emploie dans le courant de la fabrication deux sortes de lessive ; l'une est caustique et ne contient que de la soude pure, elle sert à l'*empâtage de l'huile* ; l'autre contient du sel marin, et s'emploie pour le *relargage* et la *coction du savon*.

Rien de plus facile à saisir que le but de ces trois opérations. Il est évident que l'huile qui n'est pas miscible à l'eau a besoin d'être très divisée, pour arriver au contact de l'alcali. Tel est le but de l'opération de l'empâtage, qui a pour objet la formation d'une émulsion au moyen de l'alcali et de l'huile.

Pour extraire de l'huile empâtée l'eau que la soude y a portée, on procède au relargage, qui consiste à mettre en contact la masse d'huile empâtée, avec une dissolution de soude chargée de sel marin. Par ce moyen, le savon déjà formé et l'huile émulsionnée abandonnent l'eau.

Vient enfin la coction, qui a pour objet de compléter la saponification de l'huile, et qui s'opère avec une lessive

salée, afin de maintenir toujours la masse du savon dans un état qui lui permette d'absorber l'alcali, sans absorber l'eau.

3785. La lessive caustique pure se produit de la manière suivante : on écrase de la soude artificielle aussi exempte que possible de sel marin, on y ajoute un tiers de son poids de chaux parfaitement éteinte ; le mélange est placé dans des bassins en maçonnerie percés près de leur fond d'une ouverture qui permet aux lessives de couler dans de vastes citernes. L'eau pure, ou une lessive faible provenant d'un lavage précédent, est amenée dans ces bassins appelés *barquieux*. La dissolution de la soude s'opère peu à peu ; la chaux lui enlève son acide carbonique. Au bout de douze heures, on soutire cette première lessive (marquant de 20 à 25° au pèse-sel) dans une citerne.

Le résidu restant dans le barquieux est traité par une nouvelle quantité d'eau égale à la première ; puis par une troisième addition. On se procure ainsi deux autres lessives, l'une marquant 10 à 15°, la troisième 4 à 6. Ces lessives sont reçues comme la première dans deux citernes séparées. Le mélange par parties égales de ces trois lessives donne le degré ordinairement employé pour l'empâtage des huiles.

Le résidu de la soude est épuisé par de l'eau pure, et la lessive faible qui provient de ce dernier lavage sert à dissoudre une nouvelle quantité de soude neuve, etc.

La planche 24 et la légende qui y correspond, indiqueront comment on peut, avec la plus grande facilité, séparer les différentes lessives, et les conduire dans des réservoirs spéciaux.

La lessive pour la coction, comme nous le verrons en décrivant l'opération dans laquelle elle est employée, doit contenir une notable quantité de sel marin. Ainsi, dans chaque réservoir ou barquieux où s'obtient la dissolution, on place 64 mesures de soude ordinaire, 26 mesures de chaux éteinte, et 8 à 10 mesures de *soude salée*, conte-

nant au moins 50 centièmes de sel marin. Il est évident, qu'on pourrait employer de la soude ordinaire seule, et y ajouter la quantité de sel marin contenue dans les 10 p. 100 de soude salée, c'est à dire 69 mesures de soude ordinaire, 4 ou 5 mesures de sel marin et 26 de chaux.

Les lessives pour la coction devant être concentrées, on est obligé pour les obtenir de recourir à un lavage méthodique par bande; au lieu d'un seul réservoir ou barquieux, on en a toujours quatre qui marchent ensemble et qui renferment des soudes à quatre états différents. Le n° 1, par exemple, contient la soude et la chaux neuves; les nos 2 et 3, ces matières de plus en plus épuisées; enfin, dans le n° 4, l'épuisement de la soude se complète par de l'eau pure; cette eau, elle-même, passe successivement sur les nos 3 et 2, et se sature sur la soude neuve du n° 1. Le n° 4, épuisé, reçoit de la soude et de la chaux neuves, il remplace alors le n° 1, et ainsi de suite. En un mot, ce lavage est analogue à ceux qui sont employés dans le raffinage même de la soude artificielle, dans la fabrication du salpètre, du sucre de betteraves (*voyez* Lévigateurs et Appareils de circulation), et dans une foule d'autres industries.

Dans les savonneries un peu considérables, on pourrait employer avec avantage l'appareil à double déplacement en usage dans les fabriques de soude artificielle.

Les lessives les plus fortes qu'on doit obtenir par ces procédés marquent de 28 à 30°; mais il n'est pas nécessaire, comme nous le verrons, qu'elles soient toutes aussi concentrées. On les obtiendrait plus caustiques en les étendant au degré convenable, avant d'y ajouter la chaux hydratée.

3786. Les deux lessives nécessaires à la préparation du savon étant obtenues, deux procédés se présentent, au premier abord, pour la combinaison de l'huile avec la soude : suivant l'un, on opèrerait à froid au moyen de lessives caustiques concentrées; l'autre consisterait à traiter les huiles à chaud avec des lessives, telles qu'on

peut les obtenir directement des soudes du commerce. Le premier de ces procédés n'est pas employé; il présente à l'exécution des inconvénients graves; il exige la concentration préalable des lessives caustiques et cette concentration, qui doit se faire dans des vaisseaux de fer ou de cuivre, altèrerait par suite la blancheur des savons. D'un autre côté, il est difficile de déterminer la quantité exacte de lessive nécessaire à la saturation de l'huile; aussi, les savons formés à froid, renferment-ils, tantôt un excès d'alcali, tantôt de l'huile non saponifiée, tous deux fort nuisibles dans le blanchiment, en ce qu'ils usent fort vite ou nettoient mal le linge. Plusieurs autres inconvénients encore ont fait abandonner le procédé de saponification à froid.

J'ai fait voir que certaines saponifications, très difficiles quand on opère sur des lessives alcalines, deviennent au contraire très promptes, quand on fait usage de potasse ou de soude hydratées, mais solides et portées à la température de leur fusion. Il serait facile, sans doute, d'appliquer cette méthode en grand, et de tenter la saponification par des alcalis concentrés et chauds, avec plus de chances de succès que dans le cas où ces mêmes alcalis étaient employés concentrés, mais à froid.

La saponification à chaud, la seule employée maintenant, permet, au reste, d'employer des lessives non concentrées, et peut donner, quand elle est bien conduite, des produits parfaitement saturés.

L'expérience a prouvé depuis longtemps, que la saponification à chaud par les procédés actuels, ne peut se produire avec facilité qu'autant que les premières lessives employées sont étendues de beaucoup d'eau. Si cette précaution était négligée, le mélange ne se ferait pas facilement, et il faudrait un temps trop considérable pour opérer la combinaison. Cette lenteur tient à la grande différence de densité qui existe entre les deux liquides, différence qui est encore augmentée par la chaleur.

3787. L'*empâtage* a pour but de remédier à cet inconvénient; cette opération consiste, en effet, à former une émulsion ou commencement de combinaison entre l'huile et des lessives dont la densité ne dépasse jamais 11°, et de préparer ainsi la masse à recevoir l'action de lessives plus fortes. Voici comment on procède à l'empâtage dans la plupart des savonneries.

Dans de grandes chaudières à parois inclinées, en briques et à fond de cuivre, pouvant contenir jusqu'à 12,000 kilog. de savon fabriqué, on verse un mélange des trois lessives caustiques préparées d'avance et marquant en moyenne 23°, 12°, et 5°; il est donc facile d'obtenir à volonté un mélange marquant de 8 à 11°.

Aux États-Unis, on emploie des chaudières en fonte : elles se composent de trois pièces différentes soudées par du ciment de fonte. Les deux pièces supérieures sont des troncs de cone; la pièce inférieure reçoit seule l'action de la chaleur : elle est adaptée aux deux autres, qui sont maçonnées à demeure, de telle façon que si elle se félait pendant le cours d'une opération, on pourrait l'enlever au moyen de cordes ou de chaînes, sans déranger les deux premières. La surface de la bassine hémisphérique du fond est, en général, à la surface des troncs de cones supérieurs comme 1 à 10.

Quand on a mis 32 hectolitres de lessive à 10 ou 11° dans la chaudière, on chauffe cette dernière; dès que la lessive est arrivée au degré de l'ébullition, on ajoute l'huile à saponifier. Dans les grandes fabriques, on opère ordinairement sur 60 ou 80 hectolitres d'huile, qu'on empâte dans deux chaudières.

Le mélange d'huile et de lessive caustique étant arrivé près de l'ébullition, on l'agite à plusieurs reprises, avec un *râble*, pour accélérer la combinaison. La pâte ne tarde pas à entrer en une ébullition qui se manifeste par une volumineuse écume, qui diminue ensuite peu à peu; la pâte

s'affaisse, les écumes disparaissent tout à fait, et le mélange commence à bouillir régulièrement dans l'axe des chaudières.

La pâte, d'un blanc-roussâtre, acquiert de la consistance, à mesure que l'ébullition continue; une portion de l'eau s'évapore; il se manifeste des jets de fumée noirâtre. Ce dernier signe indique que le cuivre formant le fond de la chaudière est en contact avec la matière bien empâtée, et que le métal transmet une chaleur trop vive; on ouvre à ce moment les portes des fourneaux, afin qu'une trop haute température ne décompose pas les matières renfermées dans la chaudière, et on ajoute 4 hectol. de la lessive caustique la plus forte, celle qui marque 20 à 25°. Au moyen de cette addition, la pâte se trouve détrempée; on l'agite avec un râble pour la combiner avec la lessive.

Si le mélange d'huile et de lessive, au lieu de prendre l'état pâteux, restait très liquide pendant l'opération que nous venons de décrire, ce serait une preuve que l'alcali se trouverait en trop grand excès; dans ce cas, on ajouterait quelques mesures d'huile, et le mélange s'épaissirait convenablement.

Il peut arriver qu'une certaine quantité d'huile vienne nager à la superficie de la pâte; on obvie à cet inconvénient, en jetant de la lessive faible dans la chaudière et en brassant le mélange. On peut aussi accélérer la combinaison en ajoutant au mélange des débris de savons provenant des précédentes opérations.

Souvent, l'apparition de l'huile à la superficie de la pâte est due à la présence d'une trop grande quantité de sel marin dans la soude employée pour la lessive de l'empâtage. Un excès de ce sel entrave l'effet de l'affinité de l'alcali pour l'huile, et précipite le savon formé. Des additions de lessive plus pure que la première parent à cet inconvénient.

La présence du sel marin dans les lessives a une telle influence, qu'autrefois lorsqu'on employait exclusivement

des soudes *végétales*, qui en renferment une quantité notable, l'*empâtage* durait jusqu'à trois jours consécutifs; aujourd'hui, avec des soudes qu'on nomme *douces* et qui en sont presque entièrement privées, l'opération est terminée en vingt-quatre heures.

Si l'on se propose de fabriquer du savon bleu-pâle avec le produit de l'empâtage, on ajoute, vers la fin de l'opération, deux à trois kilogrammes de sulfate de fer du commerce dans chacune des deux chaudières. Si l'on voulait obtenir du savon bleu-vif, on emploierait trois à quatre kilogrammes du même sulfate, quantité nécessaire pour donner une plus forte madrure.

La pâte ayant acquis toute la consistance convenable, et se trouvant parfaitement homogène, l'*empâtage* est alors terminé, ce qui fait dire aux ouvriers que la pâte est assez serrée.

3788. On retire au moyen d'un ringard la braise qui se trouve dans le fourneau, et on procède à l'opération suivante, appelée *relargage*. Dans l'empâtage, on a employé une grande quantité d'eau, nécessaire, comme nous l'avons vu, à la saponification; il s'agit maintenant de retirer cet excès d'eau; on y parvient aisément.

Un ouvrier muni d'un râble agite sans cesse la pâte, tandis qu'un autre ouvrier projette peu à peu sur la surface de la chaudière une lessive alcaline contenant une grande quantité de sel marin et portant le nom de *recuit*.

L'agitation répand, peu à peu, cette lessive salée dans toute la masse; la pâte s'ouvre en différents sens et laisse exsuder l'excès d'eau; on laisse reposer le tout pendant deux ou trois heures, et aussitôt que la lessive qui surnage est transparente, on procède au soutirage de toute la partie liquide. Ce soutirage ou *épinage* se pratique au moyen d'une ouverture placée dans le fond de la chaudière, et qui d'ordinaire est fermée par un tampon de bois.

Pour que la pâte soit bien purgée de tout excès d'eau et

de lessive, il faut qu'on épine ou qu'on fasse évacuer de la chaudière une quantité de liquide double de celle qu'on vient d'y verser.

L'épinage ayant eu lieu, on ajoute à chaque chaudière, en supposant toujours deux chaudières en activité pour traiter 64 hectol. d'huile, 20 hect. de lessive alcalino-salée préparée d'avance, et marquant 18 à 20°. Pour économiser le feu, un ouvrier monte sur la chaudière et brasse le mélange pendant quelque temps; si, au contraire, on chauffe la lessive immédiatement après son introduction dans la chaudière, on attend que le mélange arrive à l'ébullition, puis on ôte le feu et on *madre* ou brasse la pâte qui se trouve autour des parois et à la superficie de la chaudière.

3789. Ce service étant fait dans chaque chaudière, on réunit la pâte des deux chaudières dans une seule, qui est destinée à la coction ou *cuite* du savon. Là, on porte le mélange à l'ébullition, et on maintient le feu pendant quelques heures. Alors, on procède à un second épinage, puis on ajoute une seconde fois de la lessive alcalino-salée. Vingt-cinq hectol. de lessive marquant de 20 à 28°, plus forte par conséquent que la première, forment ce second service. L'ébullition étant maintenue modérément, le savon commence à acquérir une certaine consistance; mais il est loin d'être parfaitement cuit; quand la lessive a perdu tout son alcali, on procède à un troisième épinage, et on ajoute une troisième quantité de lessive.

Ce nouveau service se compose de 25 hectolitres de lessive forte. Par l'ébullition, le savon augmente peu à peu de solidité, la vapeur d'eau résultant de l'évaporation se fait jour à travers la pâte et détermine des projections à l'entour de la chaudière. Après quelques heures, on s'assure de nouveau de l'état de la lessive. Si elle est complètement épuisée, on répète l'épinage et l'addition de lessive une quatrième, puis une cinquième, une sixième et quelquefois même jusqu'à une septième fois. Dans ce dernier cas, l'opération n'a

pas parfaitement réussi, la pâte est trop chargée de sels et de lessive, ce qu'on reconnaît, lorsqu'on la trouve très divisée en petits grumeaux imprégnés de substances salines.

Au contraire, le savon cuit au point convenable, présente un grain plus gros et mieux lié; si on le presse entre les doigts, on sent qu'il s'écaille en se refroidissant, que sa consistance est alors très dure et que son odeur est suave, un peu analogue à celle de la violette; qu'enfin, il ne conserve presque plus l'odeur de l'huile d'olive employée.

Durant le dernier service, qui est, comme nous venons de le voir, tantôt le cinquième, tantôt le sixième et rarement le septième, on doit prolonger la cuisson de la pâte pendant dix à douze heures en hiver et douze à dix-huit en été, suivant les quantités d'huile employées. Aussitôt que le terme de la cuisson est arrivé, on retire le feu de dessous la chaudière, on laisse reposer la lessive pendant vingt minutes et on procède à l'opération du madrage.

3790. Quand le savon a été parfaitement cuit, la pâte devient dure par le refroidissement; sa couleur est d'un gris bleuâtre foncé, uniforme, due au sulfure de fer mêlé avec un savon alumino-ferrugineux; sa saveur est très alcaline. La couleur grise est d'autant plus foncée, qu'on a employé plus de sulfate de fer dans l'empâtage. Pendant la saponification, ce sulfate de fer est décomposé, la soude en précipite un hydrate vert bleuâtre composé de protoxyde et de peroxyde, en s'emparant de l'acide sulfurique; d'un autre côté, le sulfure de sodium que contiennent toujours les soudes du commerce (1), forme un sulfure de fer noir, qui rembrunit encore la teinte bleuâtre due aux oxydes hydratés. Cette teinte qui colore uniformément toute la pâte est loin d'être agréable à l'œil; ce n'est pas du reste celle qui est recherchée par le commerce. Il faut arriver à produire la

(1) Les soudes artificielles contiennent toujours en effet de l'oxyde de fer et de l'alumine provenant des matières premières employées.

coloration en veines tranchées sur un fond aussi blanc que possible; tel est le but de l'opération de la madrure.

Ce procédé est fondé, d'après M. Thénard, sur la moindre solubilité du savon alumino-ferrugineux à une basse température.

En effet, qu'on chauffe une partie d'eau ou de lessive très faible dans une bassine de cuivre, et qu'on y jette douze parties de savon cuit, à couleur uniforme, le savon se fondra; si on laisse reposer le tout, on remarquera que la matière se divise en deux parties; l'une occupant la partie supérieure de la bassine est du savon blanc; l'autre, réunie à la partie inférieure, très fortement colorée, est composée en grande partie du savon alumino-ferrugineux. Si au lieu de laisser reposer le savon, pendant son refroidissement, on vient à l'agiter dans un certain moment, la partie colorée, au lieu de se précipiter, se répandra dans toute la masse et formera les veines bleuâtres qu'on cherche à obtenir dans le savon madré.

Voici comment se pratique en grand l'opération de la madrure.

La coction du savon étant terminée, et le savon alumino-ferrugineux étant réuni au fond de la chaudière, il s'agit de le faire remonter et de le délayer dans la masse. A cet effet, on *épine* la lessive qui serait trop concentrée pour l'opération suivante; on place ensuite sur la chaudière une planche suffisamment forte pour que deux hommes puissent facilement y manœuvrer.

Chacun de ces hommes est armé d'un râble pour agiter la pâte, afin qu'elle s'imprègne de la lessive qu'un autre ouvrier y verse à plusieurs reprises.

Comme la pâte est trop consistante et la colonne à vaincre trop haute, on n'enfonce d'abord l'instrument que jusqu'au quart de la profondeur de la chaudière, et on le retire un peu obliquement. Lorsqu'il est au moment de sortir, on accélère le mouvement jusqu'à la surface, puis on s'arrête

tout à coup, pour occasionner un jet qui déversant la lessive sur toute la superficie de la pâte, en divise les grumeaux et en facilite l'imbibition.

Après ce premier travail, on peut enfoncer le râble jusqu'au fond de la chaudière, et le retirer verticalement de manière à ramener jusqu'à la surface les parties inférieures du savon pour les soumettre toutes à l'action de la lessive. Pendant qu'on mouve ainsi la pâte, à plusieurs reprises, dans toutes les parties de la chaudière, on verse de temps en temps de nouvelles doses de lessive, qui rendent la liquéfaction plus facile, et qui aident à l'union intime des particules de la pâte.

Il faut remarquer, pourtant, que les lessives trop faibles, faciliteraient par la différence de leur densité la séparation du savon blanc et du savon alumino-ferrugineux, ce qui serait un grand défaut; d'un autre côté, les lessives trop fortes donneraient une marbrure trop petite et percillée en divers endroits. A divers signes que la pratique apprend à connaître, le contre-maître s'aperçoit que la cuite est arrivée au point convenable; on cesse alors l'agitation, et on procède à la levée de la cuite.

En Angleterre, l'opération de la madrure se fait d'une autre manière qui mérite d'être rapportée, à cause de sa simplicité. Quand le savon est presque terminé, on se contente de verser dans la chaudière, une dissolution concentrée de soude brute, on la répand uniformément sur la chaudière au moyen d'un arrosoir; cette lessive dense et contenant des sulfures, détermine la madrure en passant au travers de la masse pâteuse de savon.

3791. Pour enlever le savon des chaudières de cuite, on place sur leur margelle un très long canal en bois incliné vers les mises. Deux hommes enlèvent alternativement du savon avec des pucheux à très longs manches, et le jettent dans le canal d'où il coule rapidement dans les caisses ou mises destinées à le recevoir.

Une fois le savon placé dans les mises, on le laisse refroidir tranquillement et aussi lentement que possible ; au bout de huit ou dix jours, suivant l'état de la température, le savon a acquis la consistance convenable et surnage les lessives plus denses, qui par le repos se sont réunies à la partie inférieure des mises. A cette époque de la fabrication, la marbrure du savon n'a pas encore atteint son intensité dernière; l'influence de l'air change par degré la teinte des couches superficielles ; l'oxyde de fer se change en peroxyde ; le sulfure de fer en sulfate, et avec le temps le savon acquiert un manteau isabelle.

La fabrication du savon bleu vif ne diffère en rien de la précédente quant à l'empâtage, la coction et la levée des cuites. Seulement, on emploie un peu plus de sulfate de fer, et l'on ajoute à la pâte saponifiée avant le madrage, du brun rouge, délayé dans de l'eau ou de la lessive faible. Si on veut obtenir une marbrure large, on emploie des lessives faibles ; dans le cas contraire, on doit éviter ces dernières et n'employer que des lessives d'un degré moyen.

Dès que le savon, placé dans les mises, a acquis assez de consistance pour supporter le poids d'un homme, on se dispose à le couper en gros pains en forme de prismes rectangulaires. A cet effet, un ouvrier commence à tracer, au moyen d'une règle et d'un poinçon, les lignes de séparation. Ensuite, au moyen d'un long couteau, on s'empresse de couper dans toute la profondeur de la pâte une couche de 12 à 15 centimètres tout autour de la mise, car c'est la partie qui durcit le plus vite. On coupe ensuite jusqu'à 15 centimètres de profondeur tous les pains tracés sur la surface. Deux ou trois jours après cette première opération, on achève de couper les pains dans toute leur profondeur, et on les laisse dans cet état jusqu'à la vente. Lorsque les pains sont entièrement retirés, on extrait la lessive au moyen de coulisses qui portent le nom de sauques.

Ces lessives, après avoir passé sur des barquieux de soude salée qui ont déjà éprouvé deux ou trois lessivages, servent comme nous l'avons vu au relargage de la pâte.

Quand toutes les opérations précédentes ont été bien conduites et que les matières premières sont bien saturées, on obtient généralement par millerole d'huile, soit 64 litres ou bien 58 à 60 kil., environ 90 à 95 kil. de savon bien fabriqué.

Ces produits sont relatifs à de bonnes moyennes, car des huiles de qualité inférieure et une opération mal conduite peuvent donner des résultats moins satisfaisants; d'un autre côté, une huile qui a du corps, c'est à dire contenant beaucoup de margarine, peut donner, si elle est bien traitée, des produits plus abondants. Du reste, 100 parties d'huile exigent environ 54 parties de soude brute à 36° pour leur saponification, et il faut à celles-ci 27 parties de chaux pour les rendre caustiques.

3792. On pourrait fabriquer le savon blanc par la méthode que nous venons d'indiquer, si les soudes et les huiles étaient pures, en supprimant d'ailleurs le sulfate de fer. Mais on suit, quand on employe les mêmes matières premières une méthode un peu différente que nous allons indiquer succinctement.

Les lessives se préparent comme nous l'avons dit; seulement, on n'emploie que des lessives alcalines exemptes de sel marin, et privées autant que possible de sulfate.

Pour l'empâtage, on charge dans deux chaudières 72 hectolitres de lessive à 9 ou 10°, soit 36 dans chacune; lorsque la lessive est bouillante, on ajoute dans chaque chaudière 38 hectol. d'huile la moins colorée possible. On agite, on chauffe en prenant les précautions que nous avons déjà indiquées, et on termine l'empâtage, en ajoutant 4 hectol. de lessive à 2° seulement. Le relargage se fait avec des recuits, comme à l'ordinaire; après deux ou trois heures de repos, on épine.

On ajoute après l'épinage 20 hectol. de lessive forte, non salée, dans chaque chaudière; on fait bouillir le mélange pendant douze heures et on épine de nouveau. On réunit alors dans une seule chaudière le produit des deux. Le mélange étant bien fait, on ajoute de nouveau 30 à 36 hectolitres de lessive forte. Après l'épinage, on fait un troisième service qui termine d'ordinaire la coction. Cependant, on a recours, s'il le faut, à un quatrième service.

Le savon étant bien cuit, on ajoute, après l'épinage, de la lessive douce, et on brasse fortement pour amener le tout à la liquéfaction.

On transvase le contenu de la chaudière dans une seconde chaudière, où l'on a déjà fait chauffer 20 hectolitres de lessive à 4 ou 5°. La décantation étant opérée, on agite lentement et uniformément avec un râble, afin que toutes les parties de la masse se mélangent exactement. Dans cette nouvelle chaudière, on continue de chauffer, pendant trente à quarante heures, en ayant toujours soin de maintenir la pâte liquide par des additions successives de lessive et en agitant par intervalles. Au bout de ce temps, on arrête un peu le feu, on laisse reposer pendant une heure, et on épine, s'il le faut, jusqu'à ce que le savon soit à sec. On active alors le feu, en arrosant les parois de la chaudière avec 2 hectol. de lessive à 2°; on remue un peu avec une pelle.

On augmente ensuite le feu pour bien chauffer la pâte, qui dès ce moment ne bout plus. Mais il se fait un travail dans l'intérieur de la masse; celle-ci se fond parfaitement par le concours de la chaleur et de l'humidité; elle se dépouille, peu à peu, des parties colorées qui se précipitent vers le fond : cette épuration est activée par de petites doses de lessive qu'on ajoute de temps en temps. On reconnaît que la pâte est purgée quand le liquide, que le râble amène à la surface, au lieu d'être clair et fluide, commence à prendre une teinte noire et à devenir visqueux. Cet indice

annonce que la pâte est suffisamment homogène, et la teinte noire du dépôt ramené prouve que le savon alumino-ferrugineux s'est précipité.

A cette époque, on continue d'agiter la pâte pendant une heure ou deux, et l'on entretient un feu modéré. Au bout de ce temps, on cesse de chauffer et d'agiter, on laisse reposer la pâte pendant trente à trente-six heures, afin que le savon alumino-ferrugineux se précipite le mieux possible au fond de la chaudière, et que le produit blanc qu'on se propose d'obtenir soit plus abondant et de plus belle qualité.

La précipitation étant complète, on enleve une écume assez volumineuse qui s'est formée pendant la préparation, et on la met à part pour l'ajouter à de nouvelles cuites de savon. L'écume étant entièrement enlevée, on extrait la pâte de savon blanc, et on la reçoit dans des vases en bois munis de deux anses portant le nom de *servidous*. Ces derniers étant remplis, on les porte dans des salles qui servent de mises, et qui, en hiver, occupent les places les plus élevées de la fabrique, et en été au contraire les étages inférieurs.

Le sol de chaque mise est recouvert de chaux en poudre, sous une épaisseur de 2 centimètres et bien aplanie; un crible de fil de fer, supporté par trois pieds, est placé à l'extrémité de la mise, une feuille épaisse de papier est placée en dessous pour prévenir le dérangement de la chaux. Le filtre étant disposé, les ouvriers apportent la pâte contenue dans les *servidous*, et la vident sur le crible qui retient les impuretés. On vide la chaudière, de cette manière, jusqu'à ce que l'on soit arrivé au savon coloré qui occupe le fond. Le savon versé dans les mises est encore assez liquide pour se niveler; mais à peine une mise est-elle pleine, qu'il se forme à la superficie de la couche de savon une pellicule qu'on a soin de détruire et de mélanger à la masse de la pâte en agitant légèrement celle-ci avec une longue pelle de fer.

Plusieurs jours après l'empli des mises, et lorsque le savon s'est solidifié, on l'aplanit et on le rend plus compacte en frappant sur toute la surface de la pâte, au moyen de pilons ou battes en bois, à large surface plane, bien emmanchés. Après cette opération, on le laisse pendant quelques jours encore acquérir toute sa consistance, puis on le découpe en gros pains qui ont la forme de parallélipipèdes, d'environ 20 à 25 kilogrammes chacun. Le découpage a lieu de la même manière que pour le savon veiné. Les pains découpés doivent être conservés jusqu'à la vente, dans un lieu dont la température soit douce et l'humidité moyenne ; sans cette précaution, ils prendraient une teinte jaunâtre.

Quelquefois, les détaillants conservent leur savon dans de l'eau salée ; c'est un moyen sûr de l'empêcher de se dessécher, de lui rendre même l'eau qu'il aurait perdue à l'air ou davantage; mais on trouve que le savon ainsi conservé prend une mauvaise odeur à l'air.

Le savon blanc fabriqué à Marseille, quand il a bien été préparé, est parfaitement neutre, chose bien essentielle, car le savon qui renferme un excès d'alcali est à la fois moins blanc, moins dur et en prend une odeur désagréable.

Dans cette fabrication du savon blanc, il reste dans la chaudière un peu plus du cinquième de la masse d'un savon fortement coloré ; comme les matières premières qui entrent dans la confection du savon blanc sont à des prix élevés, il importe de retirer de ce résidu tout le savon blanc qu'il peut donner encore.

On saponifie donc dans une chaudière, et par les moyens que nous avons déjà indiqués, 38 hectol. d'huile blanche ; quand le relargage et l'épinage qui suit cette dernière opération sont terminés, on ajoute à la pâte 36 hectolitres de lessive alcaline concentrée, et on verse dans la chaudière le résidu coloré des trois opérations de savon blanc. On continue de cuire avec les précautions ordinaires, puis on

procède à la liquéfaction de la pâte au moyen de lessives alcalines de plus en plus faibles. Le résultat définitif de l'opération est de nouveau formé de trois parties : l'écume, le savon blanc et un résidu plus coloré encore que dans la première opération. Celui-ci sert alors à la préparation d'un savon bleu vif, car il contient les substances nécessaires à la marbrure.

### SAVON DE SUIF.

3793. Depuis quelques années, on fabrique des quantités assez considérables de savon au moyen du suif, auquel on ajoute le plus souvent 15 à 20 p. 100 d'huile de graines, qui rendent le produit un peu moins dur et plus soluble, ce savon, s'il n'est pas parfaitement fabriqué, conserve toujours très sensiblement l'odeur de la matière première : aussi, est-il moins estimé que le savon d'huile d'olive.

Les suifs les meilleurs pour la fabrication des savons sont ceux qui contiennent le plus de stéarine ; les suifs de mouton viennent en première ligne. Du reste, ce que nous avons dit de la matière première dans la fabrication de la bougie stéarique s'applique également ici.

Il faut, autant que possible, éviter d'employer des suifs qui contiendraient encore des débris de membranes ; car, comme l'ont observé MM. D'Arcet, Lelièvre et Pelletier, ces matières albuminoïdes sont dissoutes par les lessives caustiques, qui en acquièrent souvent une odeur assez infecte, pour qu'on ne puisse plus les employer, surtout quand on prépare des savons de toilette. Dans tous les cas, on ne doit pas hésiter à rejeter les premières lessives résultant du relargage. De cet inconvénient résulte une perte assez considérable d'alcali, perte qui ne peut être compensée que par le bon marché des suifs employés.

Pour préparer ce savon, on coupe le suif en morceaux, et on en jette 900 kilogrammes dans une chaudière ; on y verse 400 à 450 litres de lessive caustique faible, et on

porte le tout à l'ébullition, qu'on entretient pendant quelques heures; on peut activer la combinaison en agitant la masse avec un râble.

Au fur et à mesure qu'on s'aperçoit que la soude est absorbée, on ajoute par intervalle de 40 à 50 litres de lessive de plus en plus forte. Arrivé au dernier service de lessive, on prolonge de quelques heures l'ébullition, et lorsque l'empâtage est terminé, on augmente le feu; la lessive en excès acquiert plus de densité, et la pâte, suffisamment saturée, s'en sépare, sans que l'on ait besoin de faire usage de lessives salées.

L'empâtage étant terminé, on procède au relargage; pour cela, un ouvrier placé au dessus de la chaudière remue le mélange et un autre ajoute la lessive; du reste, on procède comme nous l'avons déjà indiqué précédemment.

La coction s'opère de la même manière que celle du savon blanc de Marseille; on n'y emploie également que des lessives purement alcalines.

Le savon de suif étant préparé, on peut le convertir en savon blanc ou en savon marbré; dans le premier cas, on le liquéfie à la manière du savon blanc de Marseille; dans le second, on jette dans la masse à l'empâtage la quantité de sulfate de fer nécessaire pour donner le bleu de la marbrure.

Le suif étant très chargé de stéarine peut être associé sans inconvénient à l'huile d'œillette dans une proportion de 15 à 20 p. 100; cette huile étant très abondante en oléine, les savons qui résultent de ce mélange sont moins durs et plus propres aux savonnages à la main.

Dans le cas où l'on veut opérer ce mélange, on ne suit pas tout à fait le procédé que nous venons de décrire et qui s'applique à saponification du suif pur. On procède alors, comme pour la fabrication du savon marbré, préparé avec l'huile d'olive; c'est à dire, qu'après avoir empâté le mélange avec une lessive caustique à 90°, on

relargue avec des recuits chargés de sel marin, et on cuit également au moyen de lessives alcalino-salées. Sans l'emploi du sel marin, on ne donnerait pas au savon toute la consistance désirable.

Dans les savonneries de l'Angleterre, de l'Amérique et de l'Allemagne, il serait difficile de faire intervenir l'huile comme une des bases principales de la fabrication du savon; aussi, emploie-t-on généralement le suif pour remplacer l'huile.

La potasse y sert souvent à opérer la saponification; mais, comme les savons faits avec cet alcali n'auraient pas une dureté convenable, on fait intervenir une certaine quantité de sel marin, qui fournit de la soude aux acides gras, tandis que la potasse produit du chlorure de potassium, qui reste en dissolution dans les eaux-mères de l'épinage.

La proportion de la potasse de qualité moyenne employée est d'environ une partie pour deux de graisse; quelquefois, on se sert de la lessive provenant directement du lavage des cendres, après l'avoir rendue caustique avec de la chaux. On emploie, à peu près, 30 pour 100 du poids de la potasse, en chlorure de sodium.

Les lessives-mères, provenant de l'épinage, contiennent, comme nous l'avons dit, du chlorure de potassium et de la potasse en excès; cette lessive évaporée et calcinée donne un salin très blanc, qui est livré au commerce sous le nom de potasse des savonniers. Les suifs employés sont ceux de bœuf et de mouton.

### SAVON DE RÉSINE.

3794. Dans l'examen de la fabrication du papier, nous avons vu déjà comment on parvenait à saponifier entièrement la résine; mais le savon qu'on obtient est sans consistance; il possède une forte odeur de résine, et il ne peut être employé sans inconvénient dans les savonnages. Si l'on vient à mélanger la résine avec une certaine quantité

de suif, le résultat est tout à fait différent, et on peut obtenir de ce mélange un fort beau produit, connu sous le nom de savon jaune.

Ce savon, qui se fabrique fort bien en Angleterre, est très consistant et de plus très soluble dans l'eau, ce qui le fait rechercher dans beaucoup de cas. Pour le préparer, on commence par fabriquer le savon de suif par le procédé que nous avons indiqué plus haut, et quand la saturation du savon de suif est complète, on ajoute 50 à 60 p. 100 de belle résine, concassée en petits morceaux, pour accélérer sa combinaison avec le savon de suif et la lessive. Aussitôt après cette addition, un ouvrier, placé sur une planche qui traverse la chaudière, brasse le mélange avec un rable, et jusqu'à ce que la résine soit entièrement dissoute et saponifiée.

Les proportions de résine, données plus haut, sont beaucoup trop fortes d'après le docteur Ure. Il calcule la résine à ajouter d'après la proportion de suif contenue dans le savon. Parties égales donnent un savon de mauvaise qualité ; ordinairement, on n'emploie en résine que le tiers ou le quart du poids du suif contenu dans le savon.

La pâte acquiert une belle couleur jaune, et devient un peu flasque et homogène ; on continue l'ébullition du mélange, jusqu'à parfaite saturation, et pour arriver à ce dernier point, il faut que la lessive conserve encore une saveur très piquante.

On reconnaît aussi que la pâte est bien cuite, lorsqu'en la versant avec une truelle sur un corps froid, elle acquiert presque aussitôt une consistance ferme. On est plus certain de la complète saponification de la résine, si en se lavant les mains avec cette pâte refroidie, elles ne restent pas empreintes d'un enduit résineux après leur dessiccation.

La coction étant terminée, on épine, et on procède au transvasement de la pâte dans une seconde chaudière, où s'opère la liquéfaction au moyen de lessives à 7 ou 8°, et où

l'on procède de la même manière que pour la liquéfaction du savon blanc.

Le savon alumino-ferrugineux se précipite ; on enlève avec soin l'écume formée, et on verse le savon dans des moules en bois ou bien en ferblanc, dont les côtés et le fond peuvent se séparer, quand le savon a pris de la solidité.

On anime ordinairement la couleur du savon de résine, en ajoutant un peu d'huile de palme au suif qu'on saponifie pour le transformer ensuite en savon de résine ; elle communique en outre une odeur agréable au savon.

Les lames ou briques coulées et livrées au commerce ont à peu près 6 centimètres de côté et 40 de longueur.

Quand le savon a été bien fabriqué, ces briques possèdent la couleur de la cire jaune, et sont légèrement transparentes sur les bords. Ce savon doit se dissoudre rapidement dans l'eau et donner une mousse abondante.

### SAVONS MOUS.

3795. Les savons mous se fabriquent en général avec les huiles de graines, qui contiennent moins de margarine que les huiles d'olive, et avec la potasse, qui, toutes choses égales d'ailleurs, donne des savons moins durs que la soude. La principale différence qui existe entre les savons à base de soude et ceux à base de potasse, dépend surtout de leur mode de combinaison avec l'eau. Les premiers en absorbent une grande quantité et la solidifient ; les autres s'unissent aussi avec une plus grande quantité d'eau, mais demeurent mous : cette moindre cohésion les rend beaucoup plus solubles, aussi est-il impossible de les séparer de la lessive, et l'opération du relargage ne peut-elle être pratiquée, à moins qu'on n'emploie pour cela des lessives très salées. Mais, dans ce cas, il s'effectuerait une double décomposition ; la soude remplacerait la potasse, comme dans les savons de graisse

préparés en Allemagne, et les savons en seraient durcis.

La grande solubilité des savons mous à base de potasse, et la réaction alcaline qu'ils possèdent toujours, leur font accorder la préférence pour quelques usages particuliers. On les emploie beaucoup dans le nord de la France, en Belgique, en Hollande, etc., pour le savonnage du linge et pour tous les nettoyages grossiers; ils servent encore à fouler ou dégraisser les étoffes de laine et au dégraissage de la laine en échets.

Les lessives de potasse que l'on emploie dans la préparation des savons mous doivent être décarbonatées par un lait de chaux. Lorsqu'elles sont caustiques, on les verse dans la chaudière de saponification, on porte le liquide à l'ébullition, et on ajoute alors la quantité d'huile convenable (1). Quelques heures d'ébullition suffisent alors, pour terminer l'opération; la pâte s'épaissit peu à peu, devient transparente, et on reconnaît que le terme de lacuite est arrivé, si une portion de la pâte, extraite de la chaudière, prend promptement le degré de consistance que doit avoir le bon savon.

Le produit, arrivé à ce point, est aussitôt transvasé à l'aide de *poches* en cuivre jaune dans des réservoirs en pierre calcaire, d'où on le tire, lorsqu'il est refroidi, pour le mettre dans des tonneaux.

Comme il s'agit, dans cette fabrication, d'une véritable concentration des matières employées, la chaudière en tôle rivée est ordinairement d'une forme conique.

D'ailleurs, le savon obtenu renferme à la fois le margarate et l'oléate de potasse, l'excès d'alcali, les sulfates ou chlorures que contenait la potasse employée, enfin la glycérine qui a été mise en liberté pendant la saponification.

(1) On nomme huiles chaudes les huiles de chènevis, de cameline, de lin et d'œillette, parce qu'elles ne se figent pas à zéro; la propriété inverse a fait appeler huiles froides les huiles de colza et de navette.

200 parties d'huile exigent pour leur saponification :
72 parties de potasse d'Amérique en lessives à 15°,
Et l'on obtient environ :
400 parties de savon bien cuit.

Au reste, les savons verts ou noirs renferment des proportions d'eau variables entre 46 et 52 pour 100.

D'après le Dr. Ure, 200 parties d'huile peuvent donner 460 de bon savon en moyenne.

On remarque pendant le refroidissement du savon mou un phénomène particulier qui sert de guide pour reconnaître si la cuisson de ce savon est parfaite, et si la saponification de l'huile est complète. Il se forme sur les bords de la portion de la pâte qu'on a enlevée une zône opaque de la largeur de quelques millimètres. Les savonniers anglais disent, dans ce cas, que le savon a sa *force*, et ils accélèrent son refroidissement en mettant dans la chaudière une portion de savon tout formé et froid. Quelquefois, la zône apparaît pendant un instant pour disparaître immédiatement après : c'est un signe que le savon approche du terme de la cuite ; ils disent alors que le savon a une *fausse force*. Si la zône n'apparaît pas, le savon manque de *force*, et on continue le feu.

En Angleterre, on ajoute souvent une certaine quantité de suif aux huiles qui servent à la préparation des savons mous. On obtient alors un savon transparent, mais contenant de petits grains de stéarate et de margarate solides ; il paraît que la préparation de ce savon granulé est un des tours de main les moins aisés parmi ceux qu'offre l'art du savonnier.

Si l'on a employé de l'huile de chènevis, le savon mou possède naturellement une couleur verdâtre, telle que le consommateur la désire ; si on a employé d'autres huiles, qui ont par elles-mêmes une couleur jaune, le fabricant lui donne cette teinte en ajoutant à la masse un peu d'indigo, soit en nature, soit dissous préalablement par l'acide sulfurique.

Cette coloration présente quelques difficultés dans le premier cas, si on ne prend certaines précautions; en effet, au lieu de se diviser uniformément, l'indigo se grumelle, se cantonne dans la pâte, et finit par se précipiter. On parvient pourtant à l'incorporer uniformément en versant dans une chaudière en fonte cinq à six seaux d'eau, où l'on délaie environ trois kilogrammes d'indigo pulvérisé; on agite continuellement avec un bâton, et l'on fait bouillir le tout jusqu'à ce que le bâton présente, lorsqu'on le retire du mélange, une pellicule dorée sur toute sa longueur. Ce phénomène ne se manifeste qu'après plusieurs heures d'ébullition, et c'est alors seulement qu'il convient d'ajouter l'indigo ainsi délayé à la pâte savonneuse. A cette époque, les particules de l'indigo ont perdu l'air qui adhère si obstinément à leur surface, et une fois séparées les unes des autres, elles se tiennent en suspension dans la pâte liquide.

Parmi les savons mous fabriqués aujourd'hui en quantité assez considérable, il faut mentionner celui qui provient de la saponification de l'acide oléique. Nous avons vu dans la fabrication de la bougie stéarique que ce produit forme un résidu important; M. de Milly, utilise l'acide oléique et lui donne une plus grande valeur, en le transformant en un savon de qualité assez bonne, et qu'il est parvenu à durcir par l'addition de 0,1 à 0,2 d'huile de palme (1).

### SAVONS DIVERS.

3796. Nous avons vu dans la fabrication du savon à feu nu, les inconvénients que présentent les chaudières dont on se sert. Le fond en cuivre, d'une grande épaisseur, étant seul soumis à l'action du feu, il en résulte une perte considérable de chaleur et de temps, car pour amener à l'é-

(1) Au reste, l'application au graissage des laines des acides gras fluides tirés des fabriques de bougie stéarique, fait consommer avantageusement une grande partie de ces produits depuis que MM. Alcan et Péligot ont fait connaître cet utile emploi.

bullition la quantité considérable de liquide contenue dans les chaudières par une surface de chauffe aussi petite, il faut employer une journée tout entière. En outre, la pâte de savon épaissie, s'amassant au fond de la chaudière, peut, si l'on n'y prend garde, intercepter la chaleur. La plaque de cuivre rougit alors, et la lessive amenée au contact de cette plaque incandescente, peut occasionner sa rupture, et par suite faire éprouver des pertes considérables. Ces inconvénients, et plusieurs autres encore, tels que la difficulté qu'on éprouve à arrêter brusquement l'ébullition quand il le faut; l'embarras d'avoir autant de foyers que de chaudières, etc., ont fait songer depuis longtemps à remplacer dans cette industrie le chauffage à feu nu par le chauffage à la vapeur. Ce dernier mode présente pour de grandes fabriques, de tels avantages, qu'un jour, nous n'en doutons pas, il sera généralement adopté.

Rien n'empêche de s'en servir, dès à présent, dans le procédé qu'on emploie en Angleterre, et qu'on a importé en France, il y a peu de temps, pour la fabrication des savons mous.

Il consiste à renfermer à la fois dans la chaudière toutes les matières qui entrent dans la composition du savon et en proportions telles que, la réaction opérée, le savon puisse en sortir tout fait.

On s'en sert surtout pour préparer le savon économique de résine, et l'on introduit ordinairement ensemble 350kil. de suif, 150 kil. de résine sèche ou arcanson, 150 kilogr. d'huile de palme, et 660 kilogr. de lessive caustique contenant 0,115 de soude pure; on ferme la chaudière qui est une autoclave munie de soupapes, manomètre, trou d'homme et robinet large à la partie supérieure.

On chauffe, soit directement à feu nu, soit à l'aide d'une double enveloppe recevant la vapeur d'un générateur.

La température, dans tous les cas, est portée rapidement à 150°, et maintenue à ce terme pendant une heure; au bout

de ce temps, la saponification est complète; on tire le savon liquide par le robinet, et on le fait couler dans les moules.

Afin de rendre plus économique encore cette sorte de savon, on y incorpore quelquefois en Angleterre 50 kilogr. de silice, provenant de silex pyromaque calciné, on délaie celle-ci à part dans une semblable chaudière à l'aide d'un excès de solution de soude caustique (450 litres à 1,16 poids spécifique pour 50 kilogr.), et l'opération dure quatre heures.

Le liquide siliceux est introduit avec les autres matières premières dans la chaudière à saponification; mais on diminue la quantité de lessive caustique en tenant compte de celle qui se trouve en excès dans ce liquide.

Le savon siliceux, ainsi obtenu, s'emploie dans les usages domestiques, il ne serait ni économique pour le consommateur, ni convenable même, dans la plupart des autres applications.

Le savon siliceux, fabriqué d'abord en Angleterre, s'obtenait en brassant dans une bassine de fer modérément chauffée, une liqueur alcaline chargée de silice et d'une pesanteur spécifique presque double de celle de l'eau, avec du savon de suif tout fait. La proportion de silice ainsi introduite peut varier de 10 à 30 p. 100.

Dans ces derniers temps, on a essayé à Marseille d'accélérer la fabrication du savon, en ajoutant du chlorure de chaux après l'empâtage. Il devait en résulter la production d'un savon de chaux, facile à retrouver dans les produits, celle d'une huile plus ou moins chlorurée, enfin la formation d'une certaine quantité de sel marin qui demeure emprisonné dans la masse. La présence du savon de chaux dans ces produits doit suffire pour les faire repousser de la consommation.

## SAVONS DE TOILETTE.

La fabrication de ces savons constitue une branche d'in-

dustrie spéciale, qui depuis quelques années a pris une grande extension. Ces savons présentent la même composition que les savons ordinaires, seulement ils sont préparés avec plus de soin, et on les parfume souvent. D'après M. Edouard Laugier, on en distingue cinq espèces, qui sont : les savons à l'axonge ou au suif, et ceux qu'on produit avec les huiles d'olives, d'amandes et de palmier. Ces cinq savons, mélangés en proportions convenables, et parfumés suivant le goût du consommateur, constituent les variétés infinies des savons de toilette. Rarement, on opère sur une seule espèce de ces savons; on a reconnu qu'il était préférable d'opérer sur leur mélange.

L'huile de palmier s'emploie beaucoup dans la fabrication des savons de luxe; elle leur donne une odeur agréable de violette, qui se conserve même, après le mélange des autres parfums. Les savons d'huile d'amandes sont fort beaux aussi, et conservent l'odeur agréable du fruit; mais leur prix est plus élevé.

*Savon de Windsor*. Ce savon, d'une très bonne qualité, est parfumé par des essences diverses et quelquefois très communes. On le fabriquait, il y a quelques années encore, avec du suif de mouton pur ou avec de la *graisse d'os*; aujourd'hui, les plus beaux produits contiennent de plus 30 pour 100 de graisse de porc, ou mieux encore d'huile d'olive. On saponifie, à la manière ordinaire, par une lessive de soude caustique. Lorsque le savon quitte ses eaux, que la pâte en se séparant des lessives devient grumeleuse, on y ajoute alors pour 1,000 kilogr. de pâte 9 kilogr. d'essences ainsi dosées :

| | |
|---|---|
| Essence de carvi. . . . . | 6 kilog. |
| — de lavande fine. . . . . | 1,5 |
| — de romarin. . . . . | 1,5 |

On agite alors toute la matière, afin d'y répandre uniformément ces huiles; on laisse évaporer pendant deux heures, et l'on coule dans les mises.

Vingt-quatre heures suffisent ordinairement à la solidification de toute la masse que l'on coupe et que l'on divise en briques propres à être livrées au commerce.

Le savon de Windsor anglais est fabriqué avec 9 parties de suif pour une partie d'huile d'olives.

*Savon à la rose.* Il se fabrique en fondant ensemble, dans des bassines chauffées au bain-marie ou à la vapeur, 15 kilogr. de savon d'huile d'olives et 10 kilogr. de savon de suif avec $2^k,5$ d'eau.

On le parfume, en ajoutant à la pâte fondue à une température de 70° centigr.

| | | |
|---|---|---|
| 90 ou 100 | gram. | d'essence de rose. |
| 30 | — | de girofle. |
| 30 | — | de cannelle. |
| 75 | — | de bergamotte. |

On peut le colorer, en y ajoutant environ 400 grammes de vermillon.

*Savon au bouquet*, autre savon de luxe, qui se fait avec les proportions suivantes.

Pour 30 kilogrammes de savon de suif de mouton :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Parfum, 460 gram. composé de | 250 | gr. | essence de bergamotte. |
| | 60 | — | de girofle. |
| | 30 | — | de néroli. |
| | 60 | — | de sassafras. |
| | 60 | — | de thym. |

Couleur, 450 d'ocre brune.

*Savon à la fleur d'orange.* 30 kilogrammes de savon de suif de mouton et 20 kilogr. de savon d'huile de palme.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Parfum, 900 gr. | 450 | gr. | essence de Portugal. |
| | 450 | — | d'ambre. |
| Couleur, 500 gr. | 500 | | de vert-jaune. |
| | 75 | | de minium. |

*Savon d'amandes amères.* Il est recherché pour son

odeur agréable; on le croit assez généralement fabriqué avec de l'huile d'amandes amères; mais ce n'est autre chose qu'un beau savon blanc de suif auquel par 50 kilogrammes on ajoute 600 grammes d'essence d'amandes amères.

*Savon à l'huile de cannelle.* Il est formé de 30 kilogr. de savon de suif de bonne qualité mêlé de 20 kilogr. de savon de palme.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Parfum, 620 gr. | 450 gr. | essence | de cannelle. |
| | 75 | — | de sassafras. |
| | 75 | — | de bergamotte. |

Couleur, 1 kil. d'ocre jaune.

*Savon au musc.* Il est formé comme le précédent.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Parfum, 1245 gr. | 275 gr. | poudre | de clous de girofle. |
| | 275 | — | de roses pâles. |
| | 275 | — | de giroflées. |
| | 210 | essence | de bergamotte. |
| | 210 | — | de musc. |

Couleur, 250 gr. d'ocre brune, ou brun d'Espagne.

*Savons légers.* Ces savons, sous un même volume, présentent une quantité de matière moitié moindre que les autres savons. Pour les amener à cet état, on ajoute à la pâte saponifiée un septième ou un huitième de son volume d'eau, on agite le mélange vivement et sans interruption, jusqu'à ce que la masse en moussant ait doublé de volume; on la verse alors dans les mises. Ajoutons que les huiles peuvent seules fournir des savons légers; les graisses n'ont pas cette propriété.

*Savons transparents.* On traite, dans un alambic ordinaire, un mélange à poids égal d'alcool et de savon de suif, coupé en copeaux et parfaitement desséché dans une étuve; il faut condenser l'alcool dans un serpentin entouré d'eau froide, afin d'en perdre le moins possible. On maintient le mélange à une douce température, jusqu'à ce que le tout soit parfaitement liquide; on arrête alors le feu, on laisse

déposer, et au bout de quelques heures on coule toute la masse limpide dans des mises en ferblanc disposées pour donner des formes et des reliefs divers aux pains. Ce savon ainsi fabriqué, n'acquiert pas immédiatement une transparence parfaite ; celle-ci n'arrive à son plus haut degré que lorsque le produit est bien sec, ce qui exige souvent au moins trois semaines.

Quand on veut colorer les savons transparents, on emploie des dissolutions alcooliques concentrées d'orseille pour le rose, ou de curcuma pour le jaune foncé.

*Savon de toilette mou ordinaire.* La fabrication de ce savon se fait d'après les mêmes principes que les savons mous ou verts ordinaires ; la seule circonstance qui mérite une attention particulière de la part du fabricant consiste dans la concentration convenable du savon. Il se fabrique avec de l'axonge, qu'on doit préparer avec soin, en la triturant d'abord dans un mortier de marbre, la fondant ensuite au bain-marie, et la passant alors au travers d'une toile pour le débarrasser complètement des débris de matières animales.

Il se fabrique du reste avec la plus grande facilité ; pour 15 kilogr. d'axonge on emploie $22^{k}$ 5 d'une lessive de potasse caustique, marquant $17^{o}$ au pèse sel. On porte, peu à peu, la température du mélange à l'ébullition, que l'on maintient jusqu'à ce que l'empâtage soit parfait. On accélère alors l'évaporation de l'eau en excès, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs abondantes, et que la pâte soit devenue trop épaisse, pour être brassée avec facilité. Quand le savon est bien fabriqué, il doit être d'un blanc de neige éclatant.

*Savon nacré ou crême d'amandes.* Ce savon diffère peu du précédent et doit son aspect particulier à une légère modification apportée dans la fabrication. On prend 10 kilogr. d'axonge préparée avec soin, on les place au bain de sable dans une capsule en porcelaine. On fond ensuite

l'axonge, en ayant soin de maintenir une température à peu près constante. On lui donne une consistance laiteuse, en la remuant constamment avec une spatule de bois; on y ajoute $2^k 5$ d'une lessive de potasse marquant 36° de Beaumé. La saponification s'opère, et après une heure d'un feu modéré, on aperçoit une légère couche d'huile à la surface du bain, tandis que des granulations savonneuses se portent au fond de la masse. On ajoute alors la même quantité de la même lessive de potasse, et l'empâtage s'achève. On laisse la pâte, pendant quatre heures environ, au bain de sable; elle acquiert ainsi une consistance telle qu'il est difficile de la remuer; alors, on la bat légèrement. On enlève la capsule du feu et on la porte dans une bassine contenant de l'eau chaude, dans laquelle on la laisse refroidir lentement.

Le savon est fabriqué; mais il ne possède pas encore son apparence nacrée; on la lui donne en le pilant fortement dans un mortier de porcelaine; il est ordinairement parfumé au moyen de l'essence d'amandes amères.

*Le savon de toilette mou* se fabrique avec la plus grande facilité; pour 15 kilogrammes d'axonge, on emploie $22^k,50$ d'une lessive de potasse caustique marquant au pèse-sel 17°; on porte, peu à peu, la température du mélange à l'ébullition, que l'on maintient jusqu'à ce que l'empâtage soit parfait; on accélère alors l'évaporation de l'eau en excès, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs; la pâte devient très épaisse et d'un blanc de neige éclatant.

### ESSAI ET COMPOSITION DES SAVONS.

L'essai des savons a pour objet de faire connaître la nature et la quantité des acides gras qu'ils renferment, la nature et la proportion de leur base, la proportion d'eau qui en fait partie, enfin d'y signaler la présence des corps accidentels.

Les corps gras solides donnant à la saponification des

stéarates et margarates en proportion plus fortes que les corps gras liquides, et ces derniers produisant au contraire en plus grande abondance des oléates, toutes choses égales d'ailleurs, les matières grasses les plus riches en stéarine forment des savons plus durs et réciproquement.

La propriété qu'offrent l'hircine, la butyrine et la phocénine de donner naissance par la saponification à des acides odorants, explique l'odeur spéciale qui caractérise les savons de suif, de beurre, d'huile de poisson ; d'autres principes odorants indéterminés, mais caractéristiques aussi, peuvent faire reconnaître les savons des différentes sortes d'huiles.

Certaines huiles ne contenant que de la margarine et de l'oléine, ne peuvent donner par la saponification que du margarate et de l'oléate, tandis que les suifs qui renferment à la fois de la stéarine, de la margarine et de l'oléine produiront des stéarate, margarate et oléate alcalins.

Selon l'usage auquel on les destine, il faut bien se rappeler que les savons d'une même base sont d'autant plus solubles et d'autant moins décomposables par un excès d'eau, qu'ils contiennent plus d'acide oléique et moins d'acide stéarique ou margarique. En effet, l'acide stéarique forme avec la soude et la potasse des composés un peu moins solubles que l'acide margarique, et beaucoup moins que l'acide oléique ; les deux premiers sont facilement décomposables par un excès d'eau froide en bistéarate ou bimargarate qui se précipite, et en alcali libre qui reste dissous, tandis qu'il faut beaucoup plus d'eau et de temps pour altérer ainsi les oléates.

Les savons à base de potasse sont plus solubles dans l'eau et plus facilement décomposables que les savons à base de soude ; ceux-ci sont plus durs et plus résistants.

Le savon le plus ferme s'obtient en employant comme matière alcaline la soude, et comme acide la substance

grasse qui renferme le plus de stéarine; c'est à dire une matière analogue au suif de mouton.

Réciproquement, les savons les plus mous proviennent de l'emploi de la potasse et de celui d'une huile abondante en oléine.

Rien de plus facile, en s'appuyant sur ces données, que de modifier à volonté la consistance des savons en faisant des mélanges, soit de plusieurs corps gras, soit des deux bases; entre les savons très mous et les savons très durs, on obtiendra donc, dans le commerce, des savons à coupe plus ou moins dure, plus ou moins douce ou tendre.

Il est clair que l'eau que le savon renferme est sans valeur, et qu'en conséquence les proportions de l'eau sont de quelque importance à déterminer dans les savons, car elles peuvent beaucoup varier d'une livraison à l'autre.

Les savons en outre contiennent parfois un excès soit d'huile non saponifiée, soit d'alcali libre; on peut y avoir incorporé de la silice, de l'alumine, de la fécule et quelques autres corps insolubles. On peut enfin avoir employé dans leur fabrication des substances grasses autres que celles dont ils portent le nom.

Pour déterminer l'eau, on divise le savon en raclures très minces, enlevées en quantités proportionnelles aux masses sur les bords et dans le centre des briques. On en pèse aussitôt 4 ou 5 grammes que l'on expose dans une étuve à courant d'air, chauffée à 100°, ou bien dans un bain d'huile, jusqu'à ce que la matière cesse de perdre de son poids. Alors, on constate le poids de la substance sèche; les différences entre la dernière et la première pesée indiquent la quantité d'eau évaporée.

Si le savon était mou, on le pèserait dans une capsule plate et tarée.

On sait que le savon marbré bien fabriqué retient en moyenne 0,30 d'eau et le savon blanc 0,45; que ces savons exposés dans un air saturé d'humidité augmentent de poids,

et que plongés dans une solution de sel, la teneur en eau des savons blancs peut être doublée. Nous avons dit que les savons mous retiennent de 0,36 à 0,52 d'eau; ces variations, souvent accidentelles, ont engagé des négociants habiles à prendre le savon sec comme base des prix d'achat dans des marchés importants.

On parvient à constater la pureté du savon, et par suite même souvent à préciser la proportion des matières étrangères qu'il renferme, en le traitant par l'alcool à chaud. Si le savon est blanc et sans mélange, la dissolution est presque complète et le résidu à peu près insignifiant; le savon marbré de bonne qualité ne laisserait en opérant sur 5 grammes qu'environ 5 centigrammes ou un centième de son poids.

Si le poids du résidu était sensible pour le savon blanc ou bien s'il excédait un centième pour le savon marbré, il y aurait lieu de réduire le prix ou de refuser la livraison. Si on voulait rechercher ensuite s'il y a eu mélange accidentel ou frauduleux, le poids ou la nature du résidu, analysé par les procédés de laboratoire, décident la question.

On peut aisément trouver la quantité d'alcali contenue dans un savon à l'aide d'un essai alcalimétrique. On prend par exemple, 10 grammes de savon en raclures représentant l'échantillon moyen, on le fait dissoudre dans environ 150 grammes d'eau bouillante, puis on sature cette solution avec la liqueur normale contenant par litre à 15° 100 grammes d'acide sulfurique à 66° ou à un atome d'eau.

Le volume de ce liquide, employé à la saturation complète, indique le poids correspondant d'acide sulfurique, qui équivaut lui-même à un poids égal de carbonate de soude sec. On en déduit donc l'équivalent en soude ou en potasse pures.

Rien n'empêche dans le même essai, de constater le poids de la matière grasse. Pour cela, on la rassemble en ajoutant au mélange saturé 10 grammes de cire blanche pure et

exempte d'eau, chauffant jusqu'à liquéfaction complète, laissant figer, desséchant et pesant le gâteau de cire. L'augmentation du poids, au delà des 10 grammes de cire employés, indique le poids de la matière grasse qui s'est unie à la cire et qui se trouvait dans le savon.

Enfin, le liquide provenant de la saturation, décanté après la solidification de la cire, donnerait par son aspect trouble ou limpide, et mieux par une évaporation à siccité, des indices sur la pureté de la base.

S'il y a quelque mélange frauduleux, on s'en assure par les moyens analytiques usuels; de même, soit à l'examen de la cristallisation du sulfate formé, soit par un essai à l'aide du chlorure de platine, on sait si la base est de la soude ou de la potasse, ou bien si l'on a affaire à un mélange des deux.

Quant à la nature de la substance grasse, on la reconnaît avec plus ou moins de certitude en saturant la solution du savon par l'acide tartrique, recueillant les acides gras et prenant leur point de fusion. On peut du moins par là constater l'identité ou le défaut d'identité entre un échantillon de savon et la partie livrée, savoir s'il provient d'un suif ou d'une huile, etc. Souvent, l'odeur développée par les acides gras, au moment de la décomposition à chaud du savon par les acides, indique la nature de la matière grasse employée dans sa fabrication, celle du moins dont l'odeur sera dominante.

On constate que le savon contient un excès de matière grasse non saponifiée, en extrayant les acides gras au moyen de l'acide chlorhydrique, les lavant à l'eau distillée chaude, puis les combinant avec la baryte et épuisant le nouveau composé par l'eau bouillante. La substance grasse non saponifiée, est facile à isoler du savon barytique; il suffit de traiter la masse par l'alcool bouillant, qui dissout cette matière grasse. On s'assure d'ailleurs qu'elle n'est point acide au papier de tournesol humecté, qu'elle

est fusible, et qu'elle possède les caractères connus des corps gras neutres.

Voici la composition de quelques savons à base de soude.

1° Savon de Marseille; d'après M. Thénard :

| | |
|---|---|
| Soude | 4,6 |
| Matière grasse | 50,2 |
| Eau | 45,2 |
| | 100,0 |

2° Savon de Marseille ; d'après M. D'Arcet :

| | |
|---|---|
| Soude | 6 |
| Huile | 60 |
| Eau | 34 |
| | 100 |

3° Savon blanc ordinaire de suif, fabriqué à Londres ; d'après M. Ure:

| | |
|---|---|
| Soude | 6 |
| Matières grasses contenant au moins 90 pour 100 de suif | 52 |
| Eau | 42 |
| | 100 |

4° Savon de Castille, d'une pesanteur spécifique de 1,0705 ; d'après M. Ure :

| | |
|---|---|
| Soude | 9 |
| Matière grasse huileuse | 76,5 |
| Eau et matière colorante | 14,5 |
| | 100,0 |

5° Savon de Castille fabriqué en Angleterre, d'une pesanteur spécifique de 0,9669 :

| | |
|---|---|
| Soude | 10,5 |
| Matière grasse d'une consistance pâteuse | 75,2 |
| Eau et un peu de matière colorante | 14,3 |
| | 100,0 |

6° Savon blanc de parfumeur, d'une fabrique anglaise; d'après M. Ure :

| | |
|---|---|
| Soude | 9 |
| Matière grasse | 75 |
| Eau | 16 |
| | 100 |

7° Savon blanc de Glascow; d'après M. Ure :

| | |
|---|---|
| Soude | 6,4 |
| Suif | 50,0 |
| Eau | 33,6 |
| | 100,0 |

8° Savon résineux brun de Glascow; d'après M. Ure :

| | |
|---|---|
| Soude | 6,5 |
| Graisse et résine | 70,0 |
| Eau | 23.5 |
| | 100,0 |

9° Savon de beurre de cacao fabriqué à Londres; c'est le *marine-soap*; on peut s'en servir avec de l'eau de mer :

| | |
|---|---|
| Soude | 4,5 |
| Beurre de cacao | 22,0 |
| Eau | 73,5 |
| | 100,0 |

10° Le savon vert ordinaire contient, d'après M. Thénard :

| | |
|---|---|
| Potasse | 9,5 |
| Matière grasse | 44 |
| Eau | 46,5 |
| | 100,0 |

Voici la composition que M. Chevreul lui assigne :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eau | 46,5 | 48,0 | 52,0 |
| Acides margarique et oléique | 44,0 | 42,8 | 39;2 |
| Potasse | 9,5 | 9,1 | 8,8 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

En les supposant secs, on trouverait dans ces trois échantillons :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Acides gras | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Potasse | 21,5 | 21,3 | 22,5 |

11° Savon de bonne qualité fabriqué à Londres :

| | |
|---|---|
| Potasse | 8,5 |
| Huile et suif | 45 |
| Eau | 46,5 |
| | 100,0 |

12° Savon vert des fabriques belges :

| | |
|---|---|
| Potasse | 7 |
| Huile | 36 |
| Eau | 57 |
| | 100 |

13° Savon mou de fabrication écossaise :

| | |
|---|---|
| Potasse | 8 |
| Huile et suif | 47 |
| Eau | 45 |
| | 100 |

14° Autre savon mou de fabrication écossaise :

| | |
|---|---|
| Potasse | 9 |
| Huile et graisse | 34 |
| Eau | 57 |
| | 100 |

15° Savon mou d'Écosse fabriqué avec l'huile de navette :

| | |
|---|---|
| Potasse | 10 |
| Huile | 51,66 |
| Eau | 38,34 |
| | 100,00 |

16° Savon mou d'Écosse fabriqué avec de l'huile d'olives.

| | |
|---|---|
| Potasse contenant une assez forte proportion d'acide carbonique | 10 |
| Huile | 48 |
| Eau | 42 |
| | 100 |

17° Savon demi-dur fabriqué en Écosse, nommé *savon économique*, et servant principalement au foulage des laines:

| | |
|---|---|
| Potasse | 11,5 |
| Graisse solide | 62,0 |
| Eau | 26,5 |
| | 100,0 |

FIN DU SIXIÈME VOLUME.

Paris. — Imprimerie de Félix Locquin, rue N.-D.-des-Victoires, 16.